



a cura di / edited by
Roberto Bologna
Mario Losasso
Elena Mussinelli
Fabrizio Tucci

Dai distretti urbani agli eco-distretti
Metodologie di conoscenza, programmi strategici, progetti pilota
per l'adattamento climatico

From Urban Districts to Eco-districts
Knowledge Methodologies, Strategic Programmes, Pilot Projects
for Climate Adaptation

politecnica


MAGGIOLI
EDITORE

Book series STUDIE 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

Roberto Bologna

Mario Losasso

Elena Mussinelli

Fabrizio Tucci

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:

Hamburg (photograph by Federica Dell'Acqua, 2018)

ISBN 9788891643216

© Copyright of the Authors.

Released in the month of January 2021.

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

Dai distretti urbani agli eco-distretti
Metodologie di conoscenza, programmi strategici,
progetti pilota per l'adattamento climatico

From Urban Districts to Eco-districts
Knowledge Methodologies, Strategic Programmes,
Pilot Projects for Climate Adaptation

a cura di / edited by

Roberto Bologna

Mario Losasso

Elena Mussinelli

Fabrizio Tucci


MAGGIOLI
EDITORE

PRIN 2015 Research - “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 Aprea, Anita Bianco, Ensyie Farokhirad, 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, Serena Baiani, Domenico D’Olimpio, Romeo Di Pietro, Giuseppe Piras.

Research Collaborators: Valeria Cecafozzo, Duilio Iamonicò, 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 Thépôt (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 Perneti, 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

7 L'innovazione del progetto ambientale nel nuovo regime climatico / Environmental Design Innovation in the New Climate Regime

Mario Losasso

11 Metodi e strumenti del progetto ambientale / Environmental Design Methods and Tools

Roberto Bologna, Elena Mussinelli, Fabrizio Tucci

Metodologia della ricerca. Approccio climate-oriented per la conoscenza e il progetto / Research Methodology. Climate-Oriented Approach to Knowledge and Design

27 1. Le parti e il tutto: approccio sistemico e tassonomie urbane in chiave climate-proof / The Elements and the Whole: Climate-Proof Systematic Approach and Urban Taxonomies,

Roberto Bologna, Francesco Alberti, Giulio Hasanaj, Maria Vittoria Arnetoli

35 2. Organizzare la conoscenza secondo criteri site-specific / Organizing Knowledge according to Site-Specific Criteria,

Elena Mussinelli, Andrea Tartaglia

45 3. Repertori tecnici come strumenti per il progetto climate-proof / Technical Repertoires as Tools for the Climate-Proof Project

Renata Valente

53 4. Test, simulazioni, protocolli, attività on site e in laboratorio / Tests, Simulations, Protocols and Activities On-site and in Laboratory

Martino Milardi

61 5. La multiscalarità degli interventi di adattamento climatico: programmi strategici, metaprogettazione e progetti dimostratori / The Multiscalarity of Climate Adaptation Interventions: Strategic Programmes, Meta-design and Demonstration Projects

Fabrizio Tucci, Valeria Cecafozzo, Gaia Turchetti

69 6. Strategie e azioni di adattamento climatico: interazioni disciplinari e multiculturali per un collaborative design / Climate Adaptation Strategies and Actions: Disciplinary and Multicultural Interactions for Collaborative Design,

Mario Losasso, Marina Rigillo

Casi applicativi. Conoscenza, strategie e progetti dimostratori per l'adattamento climatico / Application Cases. Knowledge, Strategies and Demonstration Projects for Climate Adaptation

78 1. Progettazione multiscalarare per la resilienza dei Distretti urbani. Eco-distretti e soluzioni climate-proof per l'area occidentale di Napoli. Il caso applicativo di Soccavo / Multi-scale Design for the Resilience of Urban Districts. Eco-districts and Climate-proof Solutions for the Western Area of Naples. The Application Case of Soccavo

Mario Losasso, Maurizio Giugni, Valeria D'Ambrosio, Marina Rigillo, Francesco De Paola, Ferdinando Di Martino, Francesco Pugliese, Federica Dell'Acqua, Carlo Gerundo

- 122** 2. Conoscenza, strategie, progetti dimostratori per la qualità ambientale e l'adattamento climatico degli spazi pubblici aperti nel contesto urbano di Milano / Knowledge, Strategies, Demonstrative Projects for the Environmental Quality and Climate Adaptation of Public Outdoor Spaces in the Urban Context of Milan
Elena Mussinelli, Andrea Tartaglia, Raffaella Riva, Giovanni Castaldo, Davide Cerati
- 162** 3. Conoscenza, strategie e progetti dimostratori per i Distretti urbani del quadrante nord-ovest di Roma / Knowledge, Strategies and Demonstration Projects for the Urban Districts in Rome's Northwestern Quadrant,
Fabrizio Tucci, Valeria Cecafozzo, Marco Giampaolotti
- 206** 4. Green street framework per aree urbane marginali mediterranee / Green Street Framework for Mediterranean Urban Fringe Areas
Renata Valente, Louise A. Mozingo, Salvatore Cozzolino, Carolina De Falco, Armando Di Nardo, Michele Di Natale, Carlo Donadio, Francesca La Rocca, Mariano Perneti, Sandro Strumia, Daniela Ruberti, Marco Vigliotti, Roberto Bosco, Eduardo Cappelli, Pietro Ferrara, Giuseppe Moccia
- 250** 5. Vulnerabilità climatica e riqualificazione degli spazi pubblici del Distretto urbano di Scandicci (Città metropolitana di Firenze) / Climatic Vulnerability and Redevelopment of Public Spaces in the Urban District of Scandicci (Metropolitan City of Florence)
Roberto Bologna, Francesco Alberti, Giulio Hasanaj, Maria Vittoria Arnetoli
- 294** 6. Controllo prestazionale del rapporto edificio/contesto. Esperienze di testing avanzato / Performance Control of Building/ Context Relation. Test Experiences
Maria Teresa Lucarelli, Martino Milardi, Mariateresa Mandaglio, Caterina Claudia Musarella

Esiti sperimentali e prospettive di ricerca / Experimental Results and Research Perspectives

- 339** 1. Relazione fra premesse metodologiche ed esiti della sperimentazione / Relationship between Methodological Premises and Results of the Experimentation
Roberto Bologna
- 342** 2. Esiti della ricerca, valutazione delle sperimentazioni, sviluppi di metodo / Outcome of the Research, Evaluation of the Experimentation, Methodological Development
Fabrizio Tucci
- 347** 3. Efficacia metodologica, limiti e criticità della ricerca / Methodological Effectiveness, Limits, Criticalities of the Experimentations
Elena Mussinelli
- 351** 4. Prospettive di ricerca in campo tecnologico-ambientale / Research Perspectives in the Technological-Environmental Field
Mario Losasso

L'innovazione del progetto ambientale nel nuovo regime climatico

Environmental Design Innovation in the New Climate Regime

Mario Losasso

Università degli Studi di Napoli Federico II

NUOVI SCENARI PER IL PROGETTO AMBIENTALE

Nel suo saggio dal titolo *Tracciare la rotta*, Bruno Latour fa riferimento alle modificazioni di prospettiva avvenute a valle della nuova interazione fra componente umana e componente naturale dovuta all'instaurarsi di quello che definisce come il *nuovo regime climatico* (Latour, 2018). La crisi climatica ha infatti scardinato la nozione delle due categorie, quella della natura e quella dell'umano, collocate convenzionalmente su due fronti differenti: «ciò che rende molto poco plausibile l'idea di una scelta a favore o contro l'antropocentrismo è che ci sia un centro, o meglio due, l'uomo e la natura, tra i quali si dovrebbe necessariamente operare una scelta» (Latour, 2018, pp. 111-112).

La rilevanza di una lettura dei processi di trasformazione antropica e, quindi, del progetto *dentro* il cambiamento climatico impone di comprendere quanto non sia più sufficiente trovare l'accordo fra i due enti (l'uomo e la natura) secondo accezioni ancora legate alle logiche della modernità classica quali la tutela, la salvaguardia, la relazione. Diventa necessario un cambio di prospettiva in cui si acquisisca la consapevolezza di instaurare una condizione di interdipendenza fra la componente antropica e ciò che la circonda - l'ambiente - nelle sue molteplici manifestazioni di carattere biologico e fisico, recependone le numerose implicazioni progettuali. Il diverso punto di vista proposto da Latour richiede di superare «l'ostacolo di credere che sarebbe possibile vivere in empatia, in armonia con gli agenti detti "naturali"» poiché non è più sufficiente cercare «l'accordo di tutti questi agenti insieme, ma si impara a dipenderne»: superando l'antropocentrismo, «semplicemente, la lista degli agenti si allunga, i loro interessi si sommano; c'è bisogno della potenza della ricerca per cominciare a orientarsi» (Latour, 2018, p. 113).

Partendo dai presupposti e dai risultati dimostrati dalla ricerca scientifica sull'argomento (IPCC, 2018; Sassoon, 2019), il cambiamento climatico è un fattore ambientale dirompente che impone di superare gli approcci convenzionali al progetto di rigenerazione urbana, introiettando in esso gli obiettivi di riduzione di vulnerabilità, adattamento e mitigazione climatica. Con l'adesione ai principi dello sviluppo sostenibile (cfr. Agenda 2030 delle Nazioni Unite), nel nuovo regime climatico si impongono altrettanto nuovi criteri di indirizzo per il progetto, individuati sia nella prevenzione e nella riduzione dei danni dovuti agli eventi meteorologici estremi, sia nell'attivazione di scelte progettuali e tecnologiche viste come opportunità di innovazione rispetto all'avanzamento di una criticità planetaria. Lo scenario dei contenuti qualificanti del progetto architettonico e urbano cambia profondamente e induce a ridiscutere i principi un' autonomia disciplinare che tendenzialmente si colloca esternamente all'interdipendenza fra architettura e

NEW SCENARIOS FOR ENVIRONMENTAL DESIGN

In Tracciare la rotta, Bruno Latour refers to the changes in perspective that have occurred after the new interaction between human and natural components due to as he defines the new climate regime (Latour, 2018). Indeed, the climate crisis has disrupted the notion of two categories, that of nature and that of the human. Conventionally these notions are on two different sides: «what makes the idea of a choice for or against anthropocentrism very implausible is that there is a center, or rather two, humans and nature, between which a choice should necessarily be made» (Latour, 2018, pp. 111-112).

The importance of reading anthropic transformation processes and, therefore, the project within climate change requires understanding that it is no longer sufficient to find the agreement between the two entities man and nature. The concept of protection, safeguard, and relationship are therefore overload, referring to a principle of interaction. A change of perspective becomes necessary to gain awareness of establishing the interdependence between the anthropic component and the surrounds - the environment - in its many manifestations of a biological and physical nature. The different point of view by Latour requires overcoming «the obstacle of believing that it would be possible to live in empathy, in harmony with the so-called "natural" agents» because it is no longer sufficient to seek «the agreement of all these agents together, but one learns to depend on them»: by overcoming anthropocentrism, «simply, the list of agents grows longer, their interests add up; one needs the power of research to begin to orient oneself» (Latour, 2018, p. 113).

Climate change is a disruptive environmental factor that requires overcoming conventional approaches to urban regeneration design, keeping into it the goals of vulnerability reduction, adaptation, and climate mitigation. According to sustainable development, principles (see Agenda 2030 of the United Nations), in the new climatic regime new criteria for the project are also imposed, identified both in prevention and reduction of damage due to extreme weather events and in the activation of design and technological choices as opportunities for

innovation referred to the planetary criticality moving forward. The scenario of the qualifying contents of the architectural and urban project is changing deeply and leads to reconsider the principles of a disciplinary autonomy that tends to stay outside the interdependence between architecture and the environment. The impacts of climate change require a revision of approaches to design, considering environmental implications as an important guide-factor and adopting, the convergence of a plurality of knowledge appropriate to the complexity of future transformations.

The book *From Urban Districts to Eco-districts. Knowledge Methodologies, Strategic Programs, Pilot Projects for Climate Adaptation* is the second of the two volumes outlining the scientific report of the PRIN 2015 research "Adaptive design and technological innovations for the resilient regeneration of urban districts under climate change". The PRIN 2015 research has been conducted by the Research Units of the Università degli Studi di Napoli Federico II (national coordination), Politecnico di Milano, Sapienza Università di Roma, Università degli Studi della Campania Luigi Vanvitelli, Università degli Studi di Firenze, and Università degli Studi Mediterranea di Reggio Calabria.

The PRIN 2015 research started from the assumption that climate adaptation interventions in cities require innovative approaches that can no longer be postponed in time, based on cultural and scientific competences able to test and measure the effectiveness of the environmental project in climate/site-specific terms. The first volume *Adapting to the Changing Climate. Knowledge Innovation for Environmental Design*, edited by Mario Losasso, Maria Teresa Lucarelli, Marina Rigillo, Renata Valente, frames in an integrated way the processes of knowledge through which to address the analytical-interpretative topics supporting the adaptive design project. The book deals with the key concepts of the research explained through glossary entries, indicator systems for monitoring and simulation, case studies from which is possible to derive effective and transferable practices.

METHODOLOGICAL ASPECTS AND THE IMPLEMENTATION OF DEMONSTRATIVE PROJECTS

The first part of the book illustrates the methodological approach to the change of cultural and scientific perspective that environmental design brings about by overcoming a "reductionist" and deterministic approach. An ecosystem-based vision can be shown through the application of a principle of cross scaling, with mutual implications and references to the specificities of the contexts, by using some conceptual pairs:

- knowledge/taxonomy, to elaborate repertoires and thematic

ambiente. Gli impatti del cambiamento climatico, ormai crescenti per intensità e accelerazione, richiedono una revisione degli approcci al progetto, considerando le implicazioni ambientali come un fattore di indispensabile indirizzo e adottando, programmaticamente, la convergenza tra una pluralità di saperi adeguata alla complessità delle trasformazioni prefigurabili.

Il volume *Dai distretti urbani agli eco-distretti. Metodologie di conoscenza, programmi strategici, progetti pilota per l'adattamento climatico* rappresenta il secondo dei due volumi che tracciano il resoconto scientifico della ricerca PRIN 2015 *Adaptive design e innovazioni tecnologiche per la rigenerazione resiliente dei distretti urbani in regime di cambiamento climatico*, condotta dalle Research Units afferenti all'Università degli Studi di Napoli Federico II (coordinamento nazionale), al Politecnico di Milano, alla Sapienza Università di Roma, all'Università degli Studi della Campania Luigi Vanvitelli, all'Università degli Studi di Firenze, all'Università degli Studi Mediterranea di Reggio Calabria.

La ricerca PRIN 2015 è partita dal presupposto che gli interventi di adattamento climatico delle città richiedano approcci innovativi, non più rinviabili nel tempo, fondati su competenze culturali e scientifiche in grado di sperimentare e misurare l'efficacia del progetto ambientale in termini *climate/site-specific*. Il primo volume - dal titolo *Adattarsi al clima che cambia. Innovare la conoscenza per il progetto ambientale*, a cura di Mario Losasso, Maria Teresa Lucarelli, Marina Rigillo, Renata Valente - inquadra in modo integrato i processi e gli strumenti della conoscenza attraverso i quali affrontare i topics analitico-interpretativi a supporto del progetto di *adaptive design*. Nel primo volume sono trattati i concetti-chiave della ricerca esplicitati attraverso voci di glossario, sistemi di indicatori per il monitoraggio e la simulazione, casi studio internazionali e nazionali dai quali sono state evinte prassi efficaci, trasferibili e applicabili ai contesti di intervento.

GLI ASPETTI METODOLOGICI E L'ATTUAZIONE DI PROGETTI DIMOSTRATORI

Nella prima parte del volume viene illustrato il percorso metodologico sul cambio di prospettiva culturale e scientifica che il progetto ambientale determina nel superamento di un approccio di tipo "riduzionista" e deterministico. Attraverso l'applicazione di un principio di interscalarità, il generale viene correlato al particolare ed entrambi a una visione eco-sistemica, con mutue implicazioni e riferimenti alle specificità dei contesti, attraverso l'utilizzo di alcune coppie concettuali:

- *conoscenza/tassonomia*, per l'elaborazione di repertori e carte tematiche dei contesti campione;
- *misura/valutazione*, per la selezione e l'applicazione di *core set* di indicatori, test e sperimentazioni effettuate sia in laboratorio che attraverso simulazioni e procedure per la valutazione di vulnerabilità, adattamento e potenzialità rigenerative;
- *sperimentazione/comparazione*, per l'elaborazione di protocolli tecnici e procedure per l'incremento della resilienza.

Gli elementi di originalità contenuti nel volume riguardano la ricerca di una dimensione conforme per interventi alla scala urbana, individuata nei Distretti urbani che rappresentano il riferimento scalare per interventi che possano avere efficacia nella prevenzione e nella riduzione degli effetti degli impatti climatici. La



Fig. 1 - Programma strategico per la Macroarea di Napoli ovest / *Strategic programme of West Naples Macro-area* (Source: Elaboration by Chiara Cerino and Francesca Di Biase, 2020).

proposizione di programmi di rigenerazione urbana basati su “distretti di riciclo urbano” rappresenta attualmente uno stadio interessante delle ricerche in atto in ambito urbanistico: nei distretti va integrata e valorizzata la riduzione dei consumi di risorse e un loro uso efficiente ma anche un’organizzazione socioeconomica innovativa. I “distretti di riciclo” si qualificano come luoghi di sperimentazione di forme di riciclo per nuovi metabolismi urbani più sostenibili e per un approccio incrementale e adattivo per città in transizione, facendo anche leva su rapporti innovativi fra amministrazione e cittadinanza (Carta et al., 2016, p. 26).

La tesi proposta si basa sulla necessità di agire sulla riqualificazione diffusa dei Distretti per ridurre la vulnerabilità climatica delle città, dimostrando che interventi parziali e isolati non consentono di ottenere efficaci risultati di adattamento. La ricerca dimostra pertanto la necessità di avviare un processo di transizione che conduca a una progressiva conversione dei distretti urbani esistenti in eco-distretti più resilienti e, quindi, meno vulnerabili, quale strada per l’adattamento del sistema urbano a fronte dell’incremento degli impatti climatici. L’altro significativo passaggio di tipo dimostratore è stato simulato su livelli scalari inferiori rispetto alla città e al distretto urbano, interessando da un lato gli spazi pubblici, dall’altro alcuni ambiti urbani strategici per poi passare progressivamente a interventi diffusi per tessuti edificati e ambiti omogenei. Le priorità d’intervento sono individuate in *hotspot*, ovvero in aree-campione maggiormente a rischio e vulnerabili per fattori intrinseci o a causa della sovrapposizione di varie criticità.

La struttura del volume è stata concepita in modo da restituire la complessità dei principi che hanno orientato le progettualità alle varie scale, dichiarandone le finalità e validandone il valore dimostratore attraverso azioni istruttorie e preparatorie (aspetti socioeconomici, *stakeholder*, obiettivi e strategie), utilizzo di strumentazioni (informative e tecnologiche), misurabilità e verifica dei risultati (indicatori, *simulation* e *testing*), trasmissibilità dei risultati, verifica degli impatti

maps of sample contexts;

- measurement/evaluation, to select and apply core-sets of indicators, tests and experiments carried out both in the laboratory and through simulations and procedures for the assessment of vulnerability, adaptation and regenerative potential;
- experimentation/comparison, to develop technical protocols and procedures to increase resilience.

The innovative element of the book is the search about a conforming size for interventions at the urban scale, by identifying the Urban Districts to prevent and reduce climate impacts. The proposal of urban regeneration programmes based on “urban recycling districts” currently represents an interesting stage of research in the field of urban planning: the reduction of resource consumption and their efficient use, but also innovative socio-economic organisation, must be integrated and enhanced in the districts. “Recycling districts” qualify experimental recycling forms for new, more sustainable urban metabolisms and an incremental and adaptive approach for cities in transition, also leveraging on innovative relationships between administration and citizenship (Carta et al., 2016, p. 26). The proposed thesis is based on the need to act on the widespread redevelopment of districts to reduce the climate vulnerability of cities, thus demonstrating that partial and isolated interventions are unable to achieve effective adaptation results. The research, therefore, demonstrates the importance of initiating a transition process leading to a gradual conversion of existing urban districts into more resilient and thus less vulnerable eco-districts to adapt the urban system towards increasing climate impacts. Another important step was simulated on a lower scale than the city and the urban district, involving, on the one hand, public spaces, on the other hand, some strategic urban areas and then progressively moving on to widespread interventions for built-up and homogeneous areas. Priorities for intervention are identified in hotspots, i.e. sample areas most at risk and vulnerable due to intrinsic factors or the overlapping of various criticalities. The book is organized to reflect the complexity of the principles that have guided the projects at different scales, declaring their aims and validating their demonstrative value through preliminary and preparatory actions (socio-economic aspects, stakeholders, objectives and strategies). Moreover the project needs tools (information and technology), measurability and assessment of results (indicators, simulation and testing), transferability of results, assessment of impacts and explanation of potential spin-offs.

The methodological levels were based on taxonomic, comparative and evaluative principles, following logical sequences:

1. elaboration of critical and interpretative readings to relate the knowledge scenario to the specificity of the phenomena

addressed; classification of macro-areas, districts and urban and building components;

2. elaboration of representative repertoires of the characteristics of urban parts and buildings, categories of works and technical/design solutions for adaptation;
3. definition of criteria to select indicator systems to define the most critical points in application cases;
4. elaboration of thematic maps to implement knowledge and define critical points;
5. strategic programmes, meta-design and master plans of interventions from the macro-area scale to the urban eco-district scale or to parts of the urban fabric, comparing the values assumed by the indicators before and after the interventions to verify their effectiveness;
6. laboratory tests, experiments and prototypes, simulations and application of protocols to assess the effectiveness of strategies and projects;
7. development of demonstration projects at different scales in relation to the level of experimentation adopted; project's ability to be replicated, with the identification of the degree of transformability of the areas and the comparison of climate adaptation responses related to technical-project alternatives and simulation procedures for verifying the degree of adaptation.

In the field of technological and environmental design, the determination of habitable space requires «the use of scientific knowledge (so in the broad sense valid, codable, replicable knowledge)», even if placed dialectically within the heuristic processes of the project, in which there is a complementarity between «evaluation of the quality of research and impact assessment» (Losasso, 2011, p. 87). In the strong relation between practice and research (Simon, 1985), the application of the methodology had as result a demonstrative approach linked to experimental development actions in the field of knowledge and design of a multi-scalar type and of a process type. In terms of operational research, the work aimed to address complex conditions to support strategic, tactical and practical decisions in transition processes towards urban eco-districts resilient to climate impacts.

References

- Carta, M., Lino, B. & Ronsivalle, D. (eds) (2016), *Re-Cyclical Urbanism. Visioni, paradigmi e progetti per la metamorfosi circolare*, LiSt Lab, Rovereto.
- IPCC Intergovernmental Panel on Climate Change (2018), *Riscaldamento globale di 1,5°C. Sommario per i Decisori Politici*, available at: <https://ipccitalia.cmcc.it/ipcc-special-report-global-warming-of-1-5-c/> (accessed December 2020).
- Latour, B. (2018), *Tracciare la rotta*, Raffaello Cortina Editore, Milano.
- Losasso, M. (2011), “Valutazione della ricerca e progetto: intervista ad Andrea Bonaccorsi”, *Techne. Journal of Technology for Architecture and Environment*, vol. 2, pp. 86-91.
- Sassoon, E. (ed) (2019), *La sfida planetaria*, Harvard Business Review, Mind Edizioni, Milano.
- Simon, H.A. (1985), *Causalità, razionalità, organizzazione*, Il Mulino, Bologna.

ed esplicitazione delle potenziali ricadute.

Il livello metodologico e quello operativo sono stati costruiti in base a principi tassonomici, comparativi e valutativi, secondo appropriate sequenze logiche:

1. elaborazione di letture critiche e interpretative per mettere in relazione lo scenario di conoscenza con la specificità dei fenomeni affrontati; classificazione di macroaree, distretti e componenti urbane e edilizie (metodi di campionatura selettiva, gerarchizzata e replicabile; criteri di perimetrazione);
2. elaborazione di repertori rappresentativi delle caratteristiche di parti urbane e edifici, delle categorie di opere e delle soluzioni tecnico/progettuali per l'adattamento;
3. definizione di criteri di selezione dei sistemi di indicatori attraverso cui definire i maggiori punti di criticità nei casi applicativi (aree a rischio in relazione a specifici hazard, criticità di natura urbana, economico-sociale, infrastrutturale);
4. elaborazione di carte tematiche per implementare le conoscenze e definire le criticità;
5. programmi strategici, metaprogettazione e *masterplan* degli interventi dalla scala della macroarea a quella dell'eco-distretto urbano o a parti dei tessuti urbani, confrontando i valori assunti dagli indicatori prima e dopo gli interventi al fine di verificarne l'efficacia;
6. test, sperimentazioni e prototipi di laboratorio, simulazioni e applicazione di protocolli al fine di valutare l'efficacia di strategie e progetti;
7. elaborazione di progetti dimostratori a diverse scale in relazione al livello di sperimentazione adottato e alla sua replicabilità, con individuazione dei gradi di trasformabilità delle aree e la comparazione delle risposte di adattamento climatico in relazione alle alternative tecnico-progettuali e alle procedure di simulazione per la verifica del grado di adattamento.

Nel campo della progettazione tecnologica e ambientale la determinazione dello spazio abitabile richiede «l'uso di conoscenza scientifica, quindi in senso lato di conoscenza valida, codificabile, replicabile», pur se dialetticamente collocata all'interno dei processi euristici del progetto, in cui si rinviene una complementarietà fra «valutazione della qualità della ricerca e valutazione di impatto» (Losasso, 2011, p. 87). Nell'inscindibilità fra pratica e ricerca (Simon, 1985), l'applicazione della metodologia ha avuto come esito un approccio dimostratore legato ad azioni di sviluppo sperimentale nel campo della conoscenza e del progetto di tipo multiscalar (macroaree, distretti urbani, componenti urbane e edilizie di dimensioni più limitate) e di tipo processuale (programma strategico, metaprogetto, *masterplan*, progetti pilota). Il percorso, in termini di ricerca operativa, ha avuto la finalità di affrontare condizioni complesse per supportare le decisioni strategiche, tattiche e pratiche nei processi di transizione verso eco-distretti urbani resilienti agli impatti climatici.

Metodi e strumenti del progetto ambientale

Environmental Design Methods and Tools

Roberto Bologna, *Università degli Studi di Firenze*

Elena Mussinelli, *Politecnico di Milano*

Fabrizio Tucci, *Sapienza Università di Roma*

IMPIANTO METODOLOGICO: DALLE POLITICHE AI PROGETTI*

L'impianto concettuale e organizzativo di questo secondo volume è stato concepito non solo al fine di restituire e diffondere gli esiti della ricerca, ma anche e soprattutto con l'obiettivo di rendere conto dell'articolato percorso metodologico che ne ha sorretto lo sviluppo.

Una attività che è stata caratterizzata sin dalla fase propositiva dall'obiettivo di praticare un approccio di ricerca caratterizzato da una stretta integrazione tra la dimensione della teoria e del metodo e le condizioni operative del fare e dello sperimentare.

Il volume si articola quindi in una parte a carattere prevalentemente teorico - illustrazione della metodologia - e in una seconda parte dal taglio sostanzialmente pratico - descrizione delle sperimentazioni sviluppate dalle sei *Research Units* coinvolte. Rendendo esplicito pertanto il carattere di una esperienza che si è strutturata propriamente come un "progetto" di ricerca: parafrasando Giuseppe Ciribini, nella forma di un processo dinamico adattivo, fondato su una elevata conoscenza dello stato dell'arte in materia di mitigazione e adattamento al cambiamento climatico nel progetto urbano, ma anche aperto a recepire i *feedback* che un approccio sperimentale sempre genera anche a livello degli statuti teorici e concettuali.

Ne consegue l'importanza di sottolineare ad esempio la valenza multipla delle azioni finalizzate alla conoscenza specifica dei contesti indagati e operati progettualmente, che hanno alimentato la definizione di categorie teoriche riferite alle tassonomie urbane: la fase analitico-esplorativa ha rivestito infatti un ruolo essenziale non solo nella costruzione di un insieme sistematico di elementi conoscitivi essenziali per la comprensione delle criticità e la conseguente prospettazione di strategie e soluzioni progettuali, ma anche nella generazione di stimoli ideativi fondamentali per l'esercizio di una creatività ancorata al reale. Per un progetto quindi "necessario", perché ben riferito alla domanda sociale di incremento della qualità ambientale e della fruibilità dello spazio urbano.

Anche con l'obiettivo di ribadire come la dimensione della "pratica" svolga un ruolo imprescindibile nella disciplina del progetto di architettura, ruolo non sempre adeguatamente compreso e valorizzato per il contributo che è in grado di fornire anche alla formulazione di teorie e all'innovazione delle strumentazioni metodologiche e operative che ne derivano. In questo senso, nella ricerca scientifica sul progetto urbano, come del resto anche in altri campi della ricerca *tout court*,

* Testo di Elena Mussinelli.

METHODOLOGY: FROM POLICIES TO PROJECTS*

The conceptual and organizational structure of this second book was conceived not only in order to describe and disseminate the results of the research, but also and in particular to explain the detailed methodological path that supported its development. An activity that since the proposition phase has been aimed at practicing a research approach characterized by a close integration between the theoretical and methodological dimension and the operating conditions of doing and experimenting.

Therefore, the book consists of a mainly theoretical part - illustration of the methodology - and of a second part with a substantially practical cut - description of the experiments developed by the six Research Units involved. Thus, clarifying the character of an experience that is properly structured as a research "project": paraphrasing Giuseppe Ciribini, in the form of an adaptive dynamic, based on a high level of knowledge of the state of the art in terms of resilience and mitigation to climate change in the urban project, also open to feedback that an experimental approach always generates at the theoretical and conceptual level.

It results the importance of underlining, for instance, the multiple value of actions aimed at the specific knowledge of the investigated and projected contexts, which have fostered the definition of theoretical categories referring to urban taxonomies: the analytical-exploratory phase has in fact played a primary role not only in the construction of a systematic set of essential knowledge elements for the understanding of critical issues and the consequent prospecting of design strategies and solutions, but also in the generation of fundamental ideas for the exercise of creativity anchored to reality. For a project therefore "necessary", because it refers to the social demand for an improvement of the environmental quality and the fruition of the urban space. Also with the aim of reaffirming the essential role played by the dimension of the "practice" in the discipline of the architectural design, a role that is not always adequately acknowledged and valorized for the contribution to the formulation of theories and innovations of the

* Text by Elena Mussinelli.

methodological and operational tools. In this sense, in the scientific research on urban design, as well as in other fields of research tout court, the construction and implementation of the design process is also conceived as “hypothesis”, to be verified and validated in its results, through simulations and experimental tests.

A further element of interest emerged throughout the development of the research, still connected to the complex relationship between theoretical approaches and operational practices, concerns the methods of connection among the 17 goals for sustainable development listed by the UN 2030 Agenda. They are also included in the programmatic commitments for the Green Deal indicated in the decree approved by the European Parliament on January 14, 2020. The 17 goals, and the related 169 targets, identify a complex and articulated set of categories that must correspond - from an implementation perspective - to gradually more detailed levels of definition of parameters and indicators for the evaluation of actual achievements and expected results of improvement.

In this perspective, the activities developed by the research program are not only fully related to some specific goals and targets¹, but they also provide a contribution for their understanding and above all for their declination in terms of practical feasibility. For a necessary connection between the enunciation of guiding principles and the implementation of technical solutions - in ter-

la costruzione e l’attuazione del processo progettuale si configurano anch’esse come una “ipotesi”, da verificare e validare nei suoi esiti attraverso simulazioni e prove sperimentali.

Un ulteriore elemento di interesse emerso dallo sviluppo della ricerca, sempre connesso alla complessa relazione tra approcci teorici e prassi operative, concerne le modalità di raccordo tra i 17 obiettivi indicati dall’Agenda 2030 dell’ONU per lo sviluppo sostenibile, ripresi anche negli impegni programmatici per il *Green Deal* indicati nel decreto approvato dal Parlamento Europeo il 14 gennaio 2020.

I 17 obiettivi, e i 169 *target* che li declinano, individuano un insieme complesso e articolato di categorie alle quali devono corrispondere - in una prospettiva attuativa - livelli via via più dettagliati di definizione di parametri e indicatori per la valutazione dell’effettivo conseguimento e dei risultati di miglioramento attesi.

Sotto questo profilo, le attività sviluppate dal programma di ricerca non solo risultano pienamente riconducibili ad alcuni specifici *goal* e *target*¹, ma forniscono anche un contributo per la loro comprensione e soprattutto per la loro declinazione in termini di fattibilità realizzativa. Per un necessario raccordo tra l’enunciazione di principi guida e l’attuazione di soluzioni tecniche - in termini di processi e opere - la cui efficacia possa e debba essere verificata nel tempo. Non da ultimo anche sviluppando una riflessione in ordine ai limiti e alle opportunità di impiego di tali soluzioni tecniche nel contesto specifico delle città europee e italiane, che per molti presentano criticità comuni a quelle di altre realtà urbane internazionali, ma che al tempo stesso costringono a misurarsi con condizioni operative connotate da valori storico-testimoniali che non rendono sempre facilmente applicabili soluzioni impiegate in altri contesti. Sia l’approccio metodologico illustrato nella prima parte del volume, sia le progettualità dimostrative restituite nella seconda parte evidenziano la complessità ideativa e operativa degli interventi di mitigazione e adattamento climatico nel vivo di tessuti e paesaggi urbani spesso caratterizzati - anche quando in contesti periferici e periurbani - da preesistenze culturali e ambientali che devono essere necessariamente considerate lungo i processi di analisi, proposta e valutazione. Come lucidamente già segnalava Eduardo Vittoria agli inizi degli anni Ottanta: «riaffermando una funzione della progettazione e della tecnica quali forze produttive di una cultura che problematizza la fattualità

1 In addition to goal 13 “Take urgent action to combat climate change and its impacts” (13.1 Strengthen resilience and adaptive capacity to climate-related hazards and natural disasters in all countries; 13.2 Integrate climate change measures into national policies, strategies and planning), which constitutes the core of the research, other goals can be here mentioned: goal 3 “Good health and well-being” (3.9 Reduce the number of deaths and diseases from pollution and air, water and soil contamination; 3.d Strengthen the capacity of all countries, in particular developing countries, for early warning, risk reduction and management of national and global health risks), the goal 6 “Clear water and sanitation” (6.3 Improve water quality by reducing pollution, eliminating dumping and minimizing release of hazardous chemicals and materials, halving the proportion of untreated wastewater and substantially increasing recycling and safe reuse globally), and goal 11 “Sustainable cities and communities” (11.4 Strengthen efforts to protect and safeguard the world’s cultural and natural heritage; 11.6 Reduce the adverse per capita environmental impact of cities, including by paying special attention to air quality and municipal and other waste management; 11.7 Provide universal access to safe, inclusive and accessible, green and public spaces, in particular for women and children, older persons and persons with disabilities).

1 Oltre al *goal* 13 “Lotta contro il cambiamento climatico” (*target* 13.1 Rafforzare la resilienza e la capacità di adattamento ai rischi legati al clima e ai disastri naturali; 13.2 Integrare nelle politiche, nelle strategie e nei Piani nazionali le misure di contrasto ai cambiamenti climatici), che costituisce il *core* della ricerca, possono essere qui richiamati anche il *goal* 3 “Salute e benessere” (per i *target* 3.9 Ridurre sostanzialmente il numero di decessi e malattie da inquinamento e contaminazione di aria, acqua e suolo; 3.d Rafforzare la capacità di prevenzione, riduzione e gestione dei rischi per la salute), il *goal* 6 “Acqua” (per i *target* 6.3 Migliorare la qualità dell’acqua riducendo l’inquinamento, dimezzando la percentuale di acque reflue non trattate e aumentando il riutilizzo sicuro), e il *goal* 11 “Città e comunità sostenibili” (*target* 11.4 Proteggere e salvaguardare il patrimonio culturale e naturale; 11.6 Ridurre l’impatto ambientale negativo *pro capite* delle città, in particolare riguardo alla qualità dell’aria; 11.7 Fornire l’accesso a spazi verdi pubblici sicuri, inclusivi e accessibili).

onde restituire al gesto umano tutta intera la sua consapevolezza intellettuale» (Vittoria, 1983).

La lettura delle città e dei siti oggetto della ricerca sperimentale ha fornito significativi elementi di riflessione in tale prospettiva: i casi di Milano, Firenze, Roma, Napoli, Aversa e Reggio Calabria restituiscono un articolato spaccato di condizioni urbanizzative diversificate, all'interno delle quali si palesano non solo peculiari criticità climatico ambientali, ma anche specifiche declinazioni di concetti quali periferia, periurbanità, degrado urbano; varie sono anche le dinamiche di formazione storica dei siti e le pressioni insediative e antropiche in corso, così come diversificate sono le morfologie, i caratteri ambientali e paesaggistici, nonché i sistemi di relazione tra tessuti consolidati, ambiti di recupero/trasformazione e contesto territoriale di area vasta, e tra costruito e spazio aperto.

In questi contesti, la declinazione *climate-oriented* e *site-specific* della ricerca affronta un ambito tematico e scalare del progetto urbano relevantissimo, lasciato scoperto dalla carenza da approcci urbanistici che oggi appaiono prevalentemente orientati alla dimensione sociale delle politiche, spesso ineffettuali in quanto non declinate nella forma di una "urbanistica tecnica", ovvero di una gestione delle problematiche procedurali, normative e tecnologiche che caratterizzano le reali condizioni attuative del progetto sotto il profilo della fattibilità, costruibilità ed efficienza delle soluzioni adottate.

Obiettivo della ricerca è quindi quello di superare una dimensione sociologica del piano fatta di *policies*, modelli e pratiche non sempre efficacemente trasferibili al contesto socio-economico italiano, per interpretare alla scala attuativa dell'Agenda 2030 attraverso la pratica dei diversi livelli di definizione e approfondimento tecnico di un progetto urbano *site-specific*, a partire dall'analisi e dall'individuazione delle criticità, attraverso la definizione di specifici *target* quali-quantitativi il cui raggiungimento trova riscontro nella verifica della conformità e dell'appropriatezza delle soluzioni adottate. Per «esplorare le molteplici dimensioni e cogliere i nessi con la trasformazione tecnologica [...] come stimolo creativo per la ricerca di forme di insediamento e di intervento tecnologico idonee a garantire la permanenza di una concezione dell'abitare che non può essere sradicata dalla condizione di appartenenza dell'uomo all'ambiente» (Gangemi, 1985).

L'esperienza di ricerca ha impegnato tutte le *Research Units* a un confronto continuo lungo le varie fasi di lavoro, integrando e facendo interagire gli avanzamenti secondo progressivi processi di *downscaling* e di retroazione. La costruzione di un articolato insieme di criteri analitici e di supporto alla verifica sperimentale, messo a sistema e adottato in funzione della sua applicazione al progetto ambientale in chiave *climate-proof*, restituisce gli esiti di un approccio metodologico comune e condiviso, posto alla base della ricerca generale, ma aperto a recepire le indicazioni emergenti dalla specificità dei diversi contesti di intervento: un approccio standardizzato nel metodo scientifico ma non nei risultati che, viceversa, aprono al riconoscimento delle differenze e alla loro valorizzazione. Un cambiamento di prospettiva culturale e scientifica del progetto ambientale che registra le peculiarità di una visione eco-sistemica e delle complesse relazioni tra le parti e il tutto che questa richiede di riconoscere e operare, secondo un approccio a sistema nel quale «tutti gli aspetti - sociali, spaziali, funzionali, economici, procedurali, costruttivi, estetici, fruitivi, etc. - vengono presi in considerazione e relazionati fra loro» (Spadolini, 1974).

ms of processes and works - whose effectiveness can and must be verified over time. Also developing a reflection about limits and opportunities of adoption of these technical solutions in the specific context of the European and Italian cities, that in many cases present criticalities equal to other international urban contexts, and, at the same time, force us to deal with operational conditions characterized by historical and testimonial values that make more complicated the application of the solutions than in other contexts. Both the methodological approach illustrated in the first part of the book and the demonstrative projects reported in the second part highlight the conceptual and operational complexity of the interventions for climate change mitigation and adaptation in the heart of urban fabrics and landscapes often characterized - even when in peripheral and periurban contexts - by cultural and environmental pre-existences that must necessarily be considered during the analysis, proposal and evaluation processes. As Eduardo Vittoria already clearly pointed out at the beginning of the Eighties: «Reaffirming a function of the planning and the technique as productive forces of a culture that problematizes factuality in order to restore all its intellectual awareness to the human gesture» (Vittoria, 1983, translated by the author).

The reading of the cities and sites covered by the experimental research has provided significant elements for reflection in this perspective: the cases of Milan, Florence, Rome, Naples, Aversa and Reggio Calabria depicts an articulated scenario of diversified urban conditions, within which not only peculiar climatic environmental criticalities are revealed, but also specific declinations of concepts such as periphery, periurbanity, urban decay; the dynamics of the historical formation of the sites and the ongoing settlement and anthropic pressures are also different, such as the morphologies, the environmental and landscape characteristics, as well as the relational patterns between consolidated fabrics, areas of recovery / transformation and territorial context of large area, and between built and open space. In these contexts, the climate-oriented and site-specific declination of the research deals with a very important thematic and scalar aspect of the urban project, scarcely investigated by the urban planning approaches that today appear mainly oriented to the social dimension of policies, often ineffective due to the fact that they are not declined in the form of the "technical urban planning". It would imply a management of procedural, regulatory and technological problems that characterize the real conditions of implementation of the project in terms of feasibility, constructability and efficiency of the adopted solutions.

Therefore, the aim of the research is to overcome a sociological dimension of the plan made up of policies, models and practices that are not always effectively transferable to the Italian socio-economic context. In order to interpret it at the implementation scale of the 2030 Agenda, through the practice of different levels

of definition and technical study of a site-specific urban project, starting from the analysis and identification of the critical issues, through the definition of specific qualitative-quantitative targets that refer to the verification of compliance and appropriateness of the adopted solutions. To «explore the multiple dimensions and grasp the links with technological transformation [...] as a creative stimulus for the research of settlement models and technological intervention suitable for guaranteeing the permanence of a concept of living that cannot be eradicated from the condition of belonging of mankind to the environment» (Gangemi, 1985, translated by the author).

The research experience has involved all the Research Units in a continuous comparison throughout the various work phases, integrating and making the advances interact according to progressive downscaling and feedback processes. The construction of an articulated set of analytical criteria and support for experimental verification, put into a system and adopted in function of its application to the environmental project in a climate-proof key, returns the results of a common and shared methodological approach, placed at the base of the general research, but open to receive the indications emerging from the specificity of the different contexts of intervention: an approach standardised in the scientific method but not in the results that, on the contrary, open to the recognition of differences and their enhancement. A change in the cultural and scientific perspective of the environmental project that records the peculiarities of an eco-systemic vision and the complex relationships between the parts and the whole that this requires to recognise and operate, according to a system approach in which «all aspects - social, spatial, functional, economic, procedural, constructive, aesthetic, fruitive, etc. - are taken into consideration and related to each other» (Spadolini, 1974, translated by the author).

OBJECTIVES AND RESEARCH CONTENTS*

The objective of this second volume of PRIN research is to define design guidelines for adaptation to the effects of climate change in critical environmental scenarios. It follows from the general objective of the research to investigate the conditions of applicability and effectiveness of methodological tools and innovative design solutions aimed at regenerating Urban Districts and increasing their resilience. The increasing intensity and frequency of risks resulting from extreme climatic events (heat waves, heavy rainfalls, droughts, wind gusts) makes it necessary to provide the physical and spatial structure of the urban environment with its own resources in order to re-establish the conditions of functionality and

* Text by Roberto Bologna.

OBIETTIVI E CONTENUTI DELLA RICERCA*

L'obiettivo di questo secondo volume della ricerca PRIN è di definire linee di indirizzo progettuale per interventi di adattamento agli effetti del cambiamento climatico in scenari di criticità ambientali. Esso discende dall'obiettivo generale della ricerca di indagare le condizioni di applicabilità e di efficacia di strumenti metodologici e di soluzioni progettuali innovative finalizzate alla rigenerazione dei Distretti urbani e all'incremento della loro resilienza.

La sempre maggiore intensità e frequenza dei rischi conseguenti a eventi estremi di natura climatica (ondate di calore, piogge torrenziali, siccità, raffiche di vento) rende infatti necessario dotare la struttura fisica e spaziale dell'ambiente urbano di risorse proprie per ristabilire le condizioni di funzionalità e vivibilità messe in crisi da fenomeni perturbativi intensi.

Il campo di applicazione della sperimentazione progettuale è lo spazio urbano, in particolare quello periferico nel quale sono maggiormente praticabili interventi trasformativi - rispetto ai centri storici che presentano maggiori vincoli architettonici e ambientali - e dove gli interventi di adattamento possono conformarsi anche a obiettivi di riqualificazione funzionale e formale e di rigenerazione della vivibilità di zone marginali e/o maggiormente compromesse dal punto di vista sociale ed economico. Il presupposto è che gli ambiti di applicazione della sperimentazione progettuale presentino condizioni di particolare vulnerabilità agli eventi climatici estremi e che maggiormente possono beneficiare di un recupero della fruibilità e qualità della vita da parte del cittadino.

Le *Research Units* appartenenti alle diverse sedi (Aversa, Firenze, Milano, Napoli, Roma, Reggio Calabria) hanno messo in campo le loro specifiche conoscenze del territorio e hanno offerto ambiti di applicazione della sperimentazione progettuale rispondenti alle medesime condizioni poste dalla ricerca ma allo stesso tempo diversificati per caratteri contestuali specifici.

Ne risulta un quadro complessivo di casi di studio la cui diversità è anche una ricchezza in termini di approcci, conoscenze, soluzioni specifiche che dimostrano non solo la necessità di operare con criteri di stretta corrispondenza con i caratteri specifici del contesto ma anche la trasferibilità e replicabilità dei risultati a partire da metodologie e strumenti condivisi.

Per giungere alla messa a punto dei progetti sperimentali applicati a vari contesti di intervento è stato infatti necessario condividere una base comune di riferimenti terminologici e definitivi, di conoscenze sullo stato dell'arte e di esempi di buone pratiche correnti, di indicatori e parametri di valutazione che la ricerca ha documentato attraverso la pubblicazione del primo volume.

In questo secondo volume la presentazione delle esperienze progettuali è preceduta dalla trattazione dei criteri metodologici in base ai quali le *Research Units* hanno operato per rendere confrontabili i risultati delle azioni progettuali e valutare l'efficacia delle soluzioni di adattamento al cambiamento climatico.

Una prima questione ha riguardato i criteri di perimetrazione delle aree oggetto di indagine ai fini dello sviluppo delle opzioni progettuali descritti nel primo capitolo della prima parte (*Le parti e il tutto: approccio sistemico e tassonomie urbane in chiave climate-proof*). Ne deriva un quadro organico che, benché riferito a

* Testo di Roberto Bologna.

contesti anche molto diversi per caratteri storici, insediativi, architettonici, sociali e demografici, consente di identificare le categorie di aree urbane interessate dalla progressiva messa a punto, da parte delle *Research Units*, di sistemi di conoscenze e di indicatori necessari per lo sviluppo degli interventi ai fini dell'adattamento al cambiamento climatico.

Ed è proprio sul sistema di conoscenze e della loro pertinenza rispetto al contesto specifico che si concentra il secondo capitolo sulla metodologia della ricerca (*Organizzare la conoscenza secondo criteri site-specific*) per illustrare le modalità di strutturazione delle informazioni secondo un criterio di scalarità dell'ambito di intervento ma anche di multidisciplinarietà. I gruppi di ricerca infatti si sono avvalsi del contributo sia di figure specialistiche (esperti di climatologia, urbanistica, gestione del rischio, controllo e regimentazione idraulica, botanica, applicativi informatici), sia di rappresentanti degli enti di governo dei territori locali per costruire ed elaborare i dati e gli *input* per la progettazione compatibilmente con gli obiettivi e gli strumenti dei programmi di pianificazione vigenti e secondo criteri evoluti di digitalizzazione delle informazioni.

Le soluzioni "tecniche" applicate nei vari contesti urbani derivano dalle pratiche correnti che si sono dimostrate efficaci dal punto di vista dei risultati ottenuti

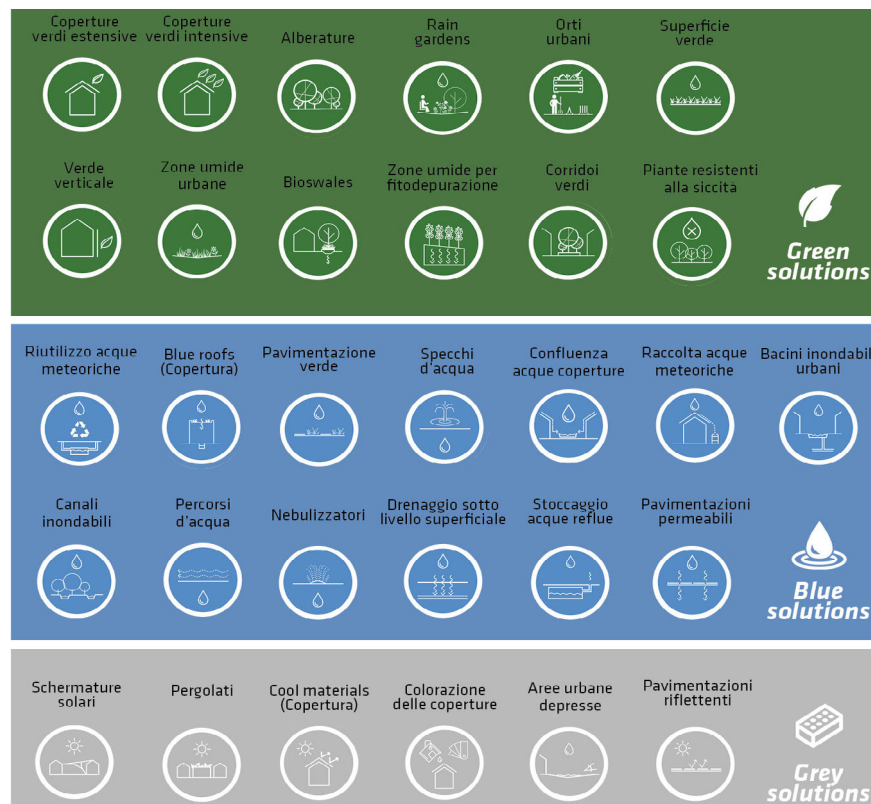


Fig. 1 - Repertorio di soluzioni tecnologiche e spaziali compatibili con l'adattamento ai cambiamenti climatici / *Catalogue of technological and spatial solutions for climate change adaptation* (Source: Author's elaboration).

liveability troubled by intense perturbative phenomena. The field of application of the design experimentation is the urban space, in particular the suburban areas where transformative interventions are more practicable - compared to historical centres with greater architectural and environmental constraints - and where adaptation interventions can also conform to objectives of functional and formal requalification and regeneration of the liveability of marginal areas and/or more compromised from a social and economic point of view. The assumption is that the areas of application of the project experimentation present conditions of particular vulnerability to extreme climatic events and that they can benefit more from a recovery of usability and quality of life by the citizen.

The Research Units of the different offices (Aversa, Florence, Milan, Naples, Rome, Reggio Calabria) have applied their specific knowledge of the territory and have offered areas of application for design experimentation that meet the same conditions as the research but at the same time diversified for specific contextual characteristics. The result is an overall picture of case studies whose diversity is also a wealth of approaches, knowledge and specific solutions that demonstrate the need to operate with criteria that closely correspond to the specific characteristics of the context and also the transferability and repeatability of the results starting from shared methodologies and tools. In order to achieve the development of experimental projects applied to various intervention contexts, it was necessary to share a common base of terminological and defining references, knowledge of the state of art and examples of current good practice, indicators and evaluation parameters that the research has documented through the publication of the first volume. In this second volume, the presentation of the project experiences is preceded by the treatment of the methodological criteria on the basis of which the Research Units have worked to make the results of the project actions comparable and to evaluate the effectiveness of the adaptation solutions to climate change.

A first issue concerned the delimitation criteria of the areas under investigation for the development of the design options described in the first chapter of the first part (The Elements and the Whole: Climate-Proof Systematic Approach and Urban Taxonomies). The result is an organic framework that, although referring to contexts that are also very different in terms of historical, settlement, architectural, social and demographic characteristics, makes it possible to identify the categories of urban areas affected by the progressive development, by the Research Units, of knowledge systems and indicators necessary for the development of interventions to adapt to climate change. And it is precisely on the knowledge system and its relevance to the specific context that the second chapter focuses on the research methodology (*Organizing Knowledge according to Site-Specific Criteria*) in order to illustrate how information is structured according to a criterion of scalability of

the field of intervention but also of multidisciplinary. In fact, the research groups have relied on the contribution of both specialist figures (experts in climatology, urban planning, risk management, hydraulic control and regulation, botany, computer applications) and representatives of local government bodies to construct and process data and inputs for design compatible with the objectives and tools of current planning programmes and according to advanced criteria of digitisation of information. The “technical” solutions applied in the various urban contexts come from current practices that have proved effective from the point of view of the results obtained (best practices). To this end, repertories have been built as a resource for the consultation and transfer of complex technical knowledge; this is an organised structure of information on spatial and technological devices from which to draw in order to design solutions for the adaptation of urban elements to climate change, as well as repertories of type classification of urban space with respect to which to relate technical solutions in terms of coherence and compatibility. This phase of research is described in the third chapter (Technical Repertoires as Tools for the Climate-Proof Project) as flexible and cross-scale tools for the climate-proof project. The privileged project solutions are mainly nature-based solutions (NBS) and green and blue infrastructures to underline an approach coherent with the new course determined by the green strategy of evolution of the productive sectors. The reliability and effectiveness of the project solutions follow the scientific approach of the sequence of analysis, design, simulation and verification described in the fourth chapter (Tests, Simulations, Protocols and Activities On-site and in Laboratory). The Research Units have adopted a rigorous model for the validation of design solutions which, through the use of digital modeling and the application of specialised simulation and laboratory testing software, have made it possible to obtain the results of the overall behaviour in advance in order to activate a dynamic process of progressive refinement of the design solution so as to guarantee perfect compliance with the objectives and effectiveness of its configuration. The consistency between strategic planning objectives and project actions is a priority highlighted by all Research Units, as described in the fifth chapter (The Multiscalarity of Climate Adaptation Interventions: Strategic Programmes, Meta-design and Demonstration Projects). The possible actions of project intervention derive from a correct structuring of knowledge but also from the multiple hypotheses of meta-project scenarios within which to focus the adaptation interventions to the main climate criticality, according to a logic of scalability between the territorial, urban and building components. The effectiveness of the project options is supported by the convergence between strategic objectives and operations of the interventions and the integration of multidisciplinary skills. The environmental project, as is the case of the application field of

(best practice). A tale scopo sono stati costruiti dei repertori quali risorsa per la consultazione e trasferimento delle conoscenze tecniche complesse; si tratta di una struttura organizzata di informazioni su dispositivi spaziali e tecnologici dai quali attingere per risolvere progettualmente l’adattamento degli elementi urbani al cambiamento climatico, così come anche repertori di classificazione tipologica dello spazio urbano rispetto alla quale rapportare le soluzioni tecniche in termini di coerenza e compatibilità. Tale fase della ricerca è descritta nel terzo capitolo (*Repertori tecnici come strumenti per il progetto climate-proof*). Le soluzioni progettuali privilegiate sono prevalentemente riconducibili a *nature-based solutions* (NBS) e a *green and blue infrastructures* per sottolineare un approccio coerente con il nuovo corso determinato dalla strategia *green* di evoluzione dei settori produttivi.

L’attendibilità e l’efficacia delle soluzioni progettuali seguono l’approccio scientifico della sequenza di analisi, progetto, simulazione e verifica descritto nel quarto capitolo (*Test, simulazioni, protocolli, attività on site e in laboratorio*). Le Research Units si sono attenute a un rigoroso modello di validazione delle soluzioni progettuali che hanno consentito, attraverso l’uso di modellazione digitale e applicazione di *software* specialistici di simulazione e di prove di laboratorio, di ottenere i risultati del comportamento complessivo in via preventiva per attivare un processo dinamico di progressivo affinamento della soluzione progettuale tale da garantire la perfetta rispondenza agli obiettivi e l’efficacia della sua configurazione.

Congruità tra obiettivi di programmazione strategica e azioni progettuali costituisce una priorità evidenziata da tutte le *Research Units*, come descritto nel quinto capitolo (*La multiscalarità degli interventi di adattamento climatico: programmi strategici, metaprogettazione e progetti dimostratori*). Le possibili azioni di intervento progettuale scaturiscono da una corretta strutturazione delle conoscenze ma anche dalle molteplici ipotesi di scenari metaprogettuali all’interno dei quali focalizzare gli interventi di adattamento alle principali criticità climatiche, secondo una logica di scalarità tra le componenti territoriali, urbane e edilizie. L’efficacia delle opzioni progettuali è supportata dalla convergenza tra obiettivi strategici e operatività degli interventi e dalla integrazione di competenze multidisciplinari.

Il progetto ambientale, come è il caso dell’ambito applicativo delle sperimentazioni progettuali della ricerca generale, è per sua natura un progetto multidisciplinare e interattivo. Il sesto capitolo (*Strategie e azioni di adattamento climatico: interazioni disciplinari e multiculturali per un collaborative design*) della prima parte del libro descrive le condizioni metodologiche, teoriche e pratiche, che hanno reso possibile selezionare le scelte progettuali in quanto rappresentative degli interessi di tutti gli *stakeholder* coinvolti in un contesto operativo di complessità ecosistemica come quello in cui oggi la progettazione architettonica e urbana si sviluppa.

Con queste premesse le *Research Units* hanno sviluppato i progetti dimostratori, personalizzando l’applicazione della metodologia generale e adattando processi e strumenti operativi alla specificità degli obiettivi progettuali e al contesto di intervento.

Nella parte seconda del libro vengono illustrati i contenuti della ricerca progettuale delle sedi con l’obiettivo di dimostrare l’efficacia delle soluzioni nei differenti ambiti geografici e sociali e la loro replicabilità e validità.

Nel caso della sede di Napoli l'area di intervento è stata individuata all'interno della Macroarea urbana nel settore occidentale della città, che presenta una serie di distretti caratterizzati da marginalità ma facilmente identificabili da limiti geomorfologici, infrastrutturali e naturali. Il progetto dimostratore prende avvio da un approccio *hazard-specific* e interscalare all'adattamento climatico per delineare una infrastruttura verde urbana come sistema portante di una serie di interventi di carattere più puntuale, finalizzati a incrementare l'efficienza delle prestazioni ambientali del sistema urbano e ridurre i rischi derivanti da fenomeni connessi al cambiamento climatico.

La sede di Milano, a partire da un inquadramento di una vasta area a sud-est della città, ha sviluppato una serie di proposte progettuali di tipo naturale *green and blu* per la riconfigurazione dello spazio pubblico, articolate su quattro ambiti di particolare rilevanza all'interno di un particolare distretto: l'ambito di trasformazione, il quartiere omogeneo e due sistemi di aste e nodi.

Il progetto sperimentale della sede di Roma si riferisce a quattro insediamenti residenziali ex IACP, consolidati nei decenni ma anche fortemente degradati, all'interno di un distretto urbano periferico nel quadrante nord-ovest della città. La metodologia, indicata con l'espressione *input modelling - simulation ex ante - output modelling - simulation ex post*, ha permesso di sviluppare il progetto di adeguamento bioclimatico degli spazi pubblici aperti attribuendo a essi specifiche funzioni, valorizzando l'impiego dei fattori bioclimatici naturali e ottimizzando le loro ricadute sugli aspetti di *comfort* ambientale e sulla sostenibilità.

Il territorio nella zona nord di Napoli, in prossimità degli assi principali dei Comuni contigui ad Aversa (CE) comprende l'area di intervento della sede di Aversa. L'asta viaria che attraversa il territorio e comprende porzioni di aggregati urbani e aree a destinazione rurale diventa il sistema su cui vengono formulate le proposte progettuali finalizzate alla riqualificazione e alla fruibilità degli spazi pubblici e basate sul modello della *green stormwater infrastructure*, prevalentemente adottato per il controllo dei rischi idraulici a cui la zona è sottoposta.

La sede di Firenze ha proposto un progetto di adattamento climatico per l'area sud-ovest della città metropolitana, corrispondente al nucleo urbano del Comune di Scandicci. Il progetto ha riguardato in primo luogo il sistema dello spazio pubblico articolato sulle due principali direttrici che strutturano l'insediamento - quella che attraversa il tessuto urbano consolidato e quella prevista dal piano di sviluppo urbanistico - con interventi basati prevalentemente su soluzioni naturali e di forestazione.

La sperimentazione messa in campo dalla sede di Reggio Calabria ha riguardato una serie di test di laboratorio effettuati su tipologie di facciate diverse al fine di verificare il comportamento in situazioni climatiche estreme. La *Research Unit* si è concentrata sul controllo delle prestazioni dello spazio urbano, individuato nell'ambito di tre distretti della zona più densamente popolata della città, connesse alle interazioni tra edificio e contesto, secondo un approccio interscalare finalizzato alla sperimentazione e alla prototipazione di modelli congruenti con gli obiettivi.

general research project experimentation, is by its nature a multidisciplinary and interactive project. The sixth chapter (Climate Adaptation Strategies and Actions: Disciplinary and Multicultural Interactions for Collaborative Design) of the first part of the book describes the procedural, theoretical and practical conditions that have made it possible to select the design choices as representative of the interests of all stakeholders involved in an operational context of ecosystemic complexity such as the one in which architectural and urban design today develops.

With these premises, the Research Units have developed the demonstration projects, customizing the application of the general methodology and adapting processes and operational tools to the specificity of the project objectives and the context of intervention. The second part of the book illustrates the contents of the design research of the sites with the aim of demonstrating the effectiveness of the solutions in the different geographical and social areas and their repeatability and validity. In the case of the Naples Unit, the area of intervention was identified within the urban macro-area in the Western sector of the city, which presents a series of districts characterised by marginality but easily identifiable by geomorphological, infrastructural and natural limits. The demonstrator project starts from a hazard-specific and cross-scale approach to climate adaptation in order to outline a green urban infrastructure as the backbone system of a series of more precise interventions, aimed at increasing the efficiency of the environmental performance of the urban system and reducing the risks arising from climate change phenomena. The Milan Unit, starting from a large area to the Southeast of the city, has developed a series of natural green and blue design proposals for the reconfiguration of public space, articulated in four areas of particular importance within a particular district: the transformation area, the homogeneous district and two systems of poles and nodes. The experimental project of the Rome Unit refers to four former IACP residential settlements, consolidated over the decades but also greatly degraded, within a peripheral urban district in the North-West quadrant of the city. The methods, indicated by the expression input modelling - simulation ex ante - output modelling - simulation ex post, allowed to develop the project of bioclimatic adaptation of public outdoor spaces by attributing specific functions to them, enhancing the use of natural bioclimatic factors and optimizing their effects on environmental comfort and sustainability. The territory in the North area of Naples, near the main axes of the municipalities contiguous to Aversa (CE) includes the area of intervention of the Aversa Unit. The road auction that crosses the territory and includes portions of urban aggregates and rural areas becomes the system on which the project proposals are formulated for the requalification and usability of public spaces and based on the green stormwater infrastructure model, mainly adopted for the control of hydraulic

risks to which the area is subjected. The Florence Unit proposed a climate adaptation project for the South-West area of the metropolitan city, corresponding to the urban core of the Municipality of Scandicci. The project focused primarily on the system of public space articulated along the two main lines that structure the settlement - the one that crosses the consolidated urban fabric and the one envisaged by the urban development plan - with interventions based mainly on natural and forestation solutions. The experimentation carried out by the Reggio Calabria Unit involved a series of laboratory tests carried out on different types of facades in order to verify the behaviour in extreme climatic situations. The Research Unit focused on monitoring the performance of urban space, identified in three districts in the most densely populated area of the city, connected to the interactions between building and context, according to a cross-scale approach aimed at experimenting and prototyping models congruent with the objectives.

RESEARCH AND DESIGN EXPERIMENTATION: ASPECTS OF APPROACH, MULTISCALARITY, INFRADISCIPLINARITY*

Aspects of the approach to the experimentation

The delicate passage between the construction of the overall theoretical-methodological framework of the PRIN research - illustrated in the first volume - and the development of the operational context as a reference framework for its effective application in urban contexts - the subject of this volume - finds its most significant expression in the moment of the project-demonstration experimentation, and in the way this experimentation was conducted by the central operational units of the effort, together with the multicultural, interdisciplinary (and even "infra-disciplinary", as shall be seen) workgroups, some of them international, that also contributed their expertise. This central moment of experimentation is based on some profound considerations underlying the very approach taken to the work, and which are therefore worth remembering: the way in which the current research in Europe identifies the built environment, and in particular city districts, as a preferential field of experimentation for the transition to a carbon-neutral society and a green and circular economy (UN Habitat, 2011; IPCC, 2018); how the recent planning of national and international technical policies identifies the regeneration of urban areas as a catalyst capable of having positive repercussions on the development of effective measures against climate change and environmental, social and economic sustainability (ILO, 2016; EC, 2020); how the combination of the widely known and readily apparent problems of

* Text by Fabrizio Tucci

RICERCA E SPERIMENTAZIONE PROGETTUALE: ASPETTI DI APPROCCIO, MULTISCALARITÀ, INFRADISCIPLINARITÀ*

Aspetti di approccio alla sperimentazione

Il delicato passaggio tra costruzione del complessivo impianto teorico-metodologico della ricerca PRIN - restituito nel primo volume - e sviluppo di quello operativo come quadro di riferimento per una sua efficace applicabilità nei contesti urbani - oggetto del presente volume - trova il suo *focus* più significativo nel "momento della sperimentazione progettuale-dimostrativa", e nel "modo" in cui tale sperimentazione è stata condotta dalle *Research Units* e dai gruppi di lavoro di *expertise* multiculturale e inter- (vedremo perfino infra-) disciplinare, anche internazionali, a queste connesse.

Tale centrale momento della sperimentazione si fonda su alcune profonde consapevolezze, che hanno informato il modo stesso di svilupparla, e che quindi vale la pena ricordare: come l'attuale contesto della ricerca europea - nel suo sviluppo da un decennio a questa parte - individui l'ambiente costruito, e in particolare i distretti delle città, quale ambito preferenziale di sperimentazione per la transizione verso una società *carbon-neutral* e un'economia *green* e *circular* (UN Habitat, 2011; IPCC, 2018); come la recente programmazione della politica tecnica nazionale e internazionale individui nella rigenerazione delle aree urbane un volano capace di determinare positive ricadute per uno sviluppo di effettiva lotta ai cambiamenti climatici e di sostenibilità ambientale, sociale ed economica (ILO, 2016; EC, 2020); come la combinazione delle note ed evidenti criticità proprie delle periferie e delle aree di margine si accompagni a quello che sarà un tendenziale peggioramento delle condizioni climatiche in termini di isole di calore urbano, ondate di calore, *pluvial flooding*, fenomeni di siccità e aridità, aumento vertiginoso di ventosità estreme e devastanti (EEA, 2016; IPCC, 2019); e come per tali contesti sia emersa in questi ultimi anni la inderogabile esigenza di una concreta sperimentazione progettuale sul campo, che possa indirizzare i processi di rigenerazione urbana verso obiettivi *climate-oriented* di resilienza e di adattività, inquadrati nelle più vaste linee di sviluppo improntate sugli assi portanti ecologico, energetico e bioclimatico, e integrati con le strategie volte a migliorare gli aspetti di mitigazione, sicurezza, comfort, salute, uso razionale delle risorse (OECD, 2016; EEA, 2020).

Nelle complesse operazioni di messa a punto dei possibili direzionamenti delle fasi sperimentali della ricerca, fondamentale è stato il passaggio, con un lavoro lungo e articolato, di vaglio critico della giovane ma già vastissima reportistica scientifica internazionale sulle sperimentazioni in atto nel mondo, nei cui più recenti sviluppi applicati e realizzati si evidenzia l'opportunità di declinare il progetto urbano in termini di resilienza e di adattamento agli effetti del *climate change* in relazione ai parametri-chiave derivanti dai caratteri di quel complesso approccio che in questa ricerca PRIN viene evocato e sintetizzato (fin dalle prime parole del titolo) col termine internazionale di *adaptive design*. Un approccio capace di coniugare l'azione di rigenerazione urbana con obiettivi di effettiva e misurabile (in senso predittivo e simulativo) riduzione del rischio ambientale nella più ampia visione del perseguimento integrato dei tre obiettivi epocali di miglioramento della qualità ambientale, di efficacia della gestione delle risorse e di lotta ai cambiamenti climatici.

* Testo di Fabrizio Tucci.

I caratteri precipui dell'approccio *adaptive design* assumono pertanto un ruolo centrale nel modo stesso di concepire e impostare la sperimentazione, in linea con gli indirizzi di sviluppo operativo-applicativo sulle città forniti da Unione Europea e Nazioni Unite: dalle azioni strategiche ricavabili da *Cities of Tomorrow* a quelle del pacchetto *Clima-Energia 20-20-20*; dalle strategie dell'*Agenda 2030* al pacchetto *Climate and Energy Policy Framework 2030*; dall'iniziativa *Roadmap 2050* promossa dalla *European Climate Foundation* agli indirizzi dell'*European Green Deal 2050* di recente approvazione. Non a caso anche da questi importanti documenti tutto converge sulla priorità assoluta di attuare programmi di rigenerazione urbana basati su principi di adattamento come risposta alle sfide ambientali e socioeconomiche, ed evidenzia l'importanza della progettazione ambientale come fattore per la riduzione della vulnerabilità e per la concreta valorizzazione dell'ambiente costruito, mostrando un cambio di prospettiva che fa dell'innovazione tecnologica, *in primis* quella applicata agli aspetti ecologici, energetici e bioclimatici in termini di processo, di progetto e di prodotto, uno strumento per aumentare la adattività e la resilienza urbana e per traghettare in modo efficace ed efficiente la ormai inderogabile transizione ecologica.

Multiscalarità, infradisciplinarietà

Sono molteplici gli ambiti della sperimentazione progettuale che la fase dimostrativo-applicativa della ricerca PRIN ha affrontato in tale prospettiva e sviluppato in modo multiscalarmente, con continue operazioni di *downscaling* e *upscaling* e con mirati processi di *feedback*, tanto spinti che in alcuni casi si è arrivati all'ipotesi di poter parlare di "a-scalarità": la *governance "green"* dei processi di trasformazione delle città, la rigenerazione *climate-oriented* di quartieri e distretti urbani, il ri-orientamento dei comportamenti bioclimatici e microclimatici dell'ambiente costruito, la riqualificazione eco-adattiva di infrastrutture e spazi aperti, la sperimentazione su spazi intermedi e involucri efficienti, *climate-responsive* e a proprietà variabili.

La visione sistemica nel concepire in senso multiscalarmente la sperimentazione su tale molteplicità di ambiti d'intervento ha spinto tutti i gruppi di lavoro a operare un continuo spostamento d'ottica dalle parti al tutto e viceversa, in una parola: ha evidenziato la necessità di affinare la capacità di spostare l'attenzione tra i vari livelli di sistema in quanto ambiti con gradi di complessità variabile. È avanzato così, in alcuni momenti della sperimentazione, il passaggio logico dalla dimensione - peraltro già di confine - di "multiscalarità" a quella di "trasversalità-non-scalare", o più semplicemente di "a-scalarità" come ricordato sopra, che non solo non pregiudica la presa in considerazione dei caratteri e delle proprietà dei vari livelli ma, come abbiamo appena visto, ne avvalorava il principio di diversificazione e di interazione contro quello ben noto dell'omologazione. Un'ottica "di frontiera" dove ogni parte oggetto della sperimentazione non è vista solo nelle sue intrinseche proprietà, ma soprattutto in relazione alla sua capacità di rapportarsi col "tutto" contestuale; e dove lo spostamento dalle parti al tutto va considerato come un necessario, epocale, spostamento della nostra attenzione dagli "oggetti" alle "interazioni" tra di essi (che poi non a caso si sta rivelando l'elemento essenziale per imprimere reali miglioramenti di adattività e resilienza dei sistemi).

Accanto al carattere portante della multiscalarità/a-scalarità ve n'è un altro che, tra i tanti presenti nelle fasi di sperimentazione progettuale della ricerca PRIN, ha assunto un ruolo centrale nel modo di lavorare dei gruppi: quello che potremmo

suburbs and fringe areas is accompanied by what will be a worsening trend in climatic conditions, in the form of urban heat islands, heat waves, pluvial flooding, drought and aridity, plus dramatic increases in extreme and devastating winds (EEA, 2016; IPCC, 2019); and how these contexts, in recent years, have highlighted the imperative need for concrete design experimentation in the field, so as to channel the processes of urban regeneration towards objectives of climate-oriented resilience and adaptability, framing them as part of broader trends of development based on the axes of ecology, energy and bioclimatic factors, with the further addition of strategies to improve the aspects of mitigation, safety, comfort, health and rational use of resources (OECD, 2016; EEA, 2020). In the course of the complex fine-tuning of the possible directions of the experimental phases of the research, a passage of fundamental importance was the lengthy, elaborate critical review of the recent, but already vast, body of international scientific reports on experiments in progress throughout the world, in whose the recent developments applied and realized pointed to the advantages of formulating urban design and planning in terms of resilience and adaptation to the effects of climate change, in accordance with the key parameters drawn from the characteristics of this complex approach, referred to and summarised in this PRIN research (starting from the first words of the title) with the international term of 'adaptive design'. Such an approach is capable of combining the action of urban regeneration with objectives of effective, measurable (in a predictive and simulative sense) reduction of environmental risk, all within the broader outlook of the integrated pursuit of the three epoch-making goals of heightening environmental quality, effectiveness of resource management and countermeasures against climate change. The main features of the adaptive design approach, therefore, play a central role in the very way in which experimentation is conceived and prepared, in line with the guidelines for the operational-applied development of cities provided by the European Union and the United Nations, ranging from the strategic initiatives alluded to in Cities of Tomorrow to those of the Climate-Energy 20-20-20 package; from the strategies of the 2030 Agenda to the 2030 Climate and Energy Policy Framework package; from the Roadmap 2050 initiative promoted by the European Climate Foundation to the guidelines of the recently approved European Green Deal 2050. It is no coincidence that these important documents all agree on the absolute priority of implementing urban regeneration programs based on principles of adaptation as a response to environmental and socio-economic challenges, further highlighting the importance of Environmental Design as a factor for the reduction of vulnerability and for the practical enhancement of the built environment, pointing to a change in perspective that makes technological innovation, primarily as applied to ecological, energy and bioclimatic aspects in-

volving process, design and product, a tool to increase adaptability and urban resilience and to construct an effective, efficient bridge to what, by now, is the inevitable ecological transition.

Multiscalarity, infradisciplinarity

There are many areas of design experimentation that the demonstrative-applied phase of the PRIN research has addressed from this perspective, and developed through multi-scalar approach featuring way, with continuous downscaling and up-scaling operations, and processes of targeted feedback so incisive that, in some cases, it has become possible to speak of a theoretical “a-scalar-ity”: the “green” governance of the processes involved in transforming cities; the climate-oriented regeneration of neighbourhoods and urban districts, the re-orientation of the bioclimatic and microclimatic behaviour of the built environment; the eco-adaptive redevelopment of infrastructures and open spaces; experimentation on intermediate spaces and on efficient, climate-responsive envelopes with variable properties. The systemic vision employed in conceiving the experimentation in a multi-scalar sense, applied to so many different areas of intervention, has pushed all the working groups to enact an ongoing shift in perspective from the parts to the whole, and vice versa. In a word, it has highlighted the need to refine the ability to shift attention between the various levels of the system, considered as areas presenting varying degrees of complexity. In this way, at certain points in the experimentation, there logically occurred a transition from the dimension - already borderline - of “multi-scalarity” to that of “non-scalar transversality”, or more simply “a-scalarity”, as mentioned above, which not only does not diminish the consideration of the characters and properties at the various levels, but, as we have just seen, corroborates the principle of diversification and interaction, as opposed to the well-known tenets of homologation. A “frontier” point of view, where each part addressed by the experimentation is seen not only in terms of its intrinsic properties but, even more importantly, in relation to its ability to relate to the contextual “whole”, and where the shift from the parts to the whole must be considered a necessary, epochal transfer of our attention from objects to the interactions between them (which is proving, and not by chance, to be the essential element when it comes to making real improvements in the adaptability and resilience of systems).

Alongside the main characteristic of multi-scalarity/a-scalarity, there is another feature that, among the many present in the experimental design phases of the PRIN research, has taken on a central role in the way groups work: what we might call “disciplinary interaction”, “multiculturalism”, to the point of arriving at the frontier dimension par excellence: that of “infra-disciplinarity”.

An outlook, the infra-disciplinary approach, that pushes those who govern the processes of design experimentation to move along

definire della “interazione disciplinare”, del “multiculturalismo”, fino a toccare la dimensione di frontiera per eccellenza, quella della “infradisciplinarietà”. Un approccio (*infra-disciplinary approach*) che spinge chi governa i processi di sperimentazione progettuale a muoversi nei confini stessi “tra” le discipline: non solo una collaborazione e integrazione di saperi (multi-disciplinare), non solo una trasposizione, un profondo scambio di punti di vista dei saperi e una sintesi (inter-disciplinare), ma una prova di interazione osmotica esercitata dai luoghi, tutti da esplorare, posti nei confini (o nelle potenziali linee di contatto, dipende dai punti di vista) dell’innovazione “infra”, “tra” le discipline.

D’altra parte la specificità dell’approccio sistemico ed esigenziale-prestazionale e la matrice multiscalare e transdisciplinare della progettazione tecnologica e ambientale sono particolarmente importanti e strategiche nella gestione delle diverse variabili in gioco per assicurare un costante processo di ampliamento delle conoscenze, di potenziamento delle capacità di regia del progetto, di indi-

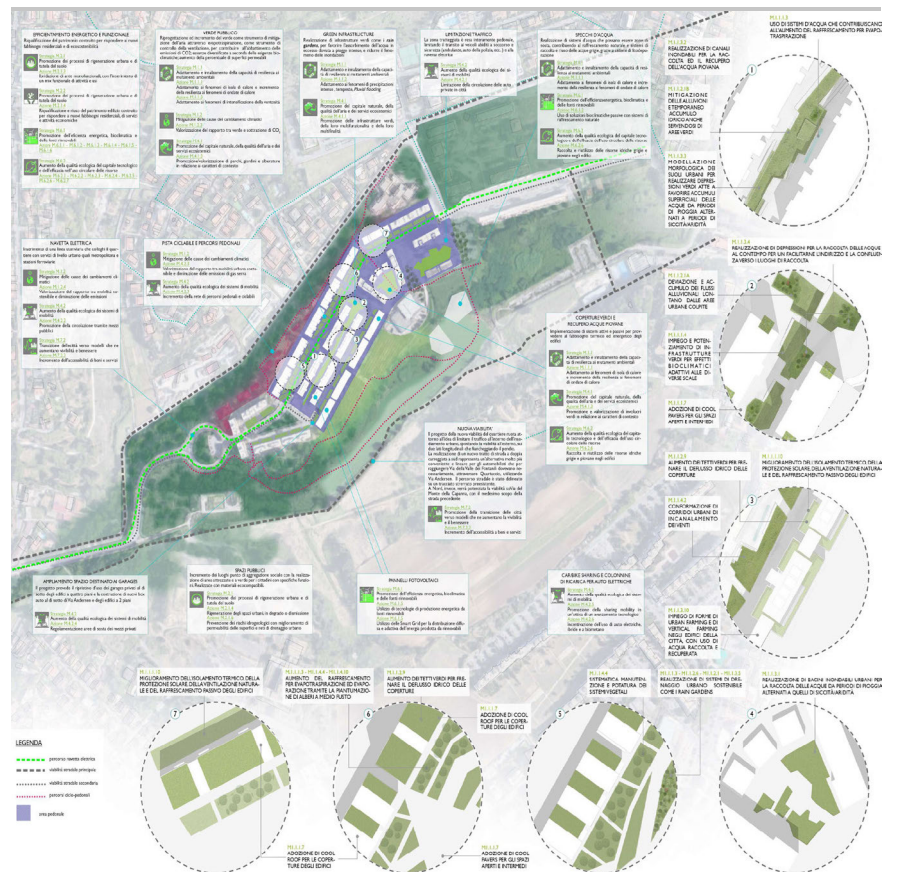


Fig. 2 - Approccio alla sperimentazione: *masterplan* del quartiere ERP di Quartaccio, Roma. *Concept* di riferimento e definizione dei sistemi progettuali e tecnologici che caratterizzano l’intervento di *adaptive design / Approach to experimentation: master plan of the ERP District of Quartaccio, Rome. Concept of reference and definition of the design and technological systems that characterize the adaptive design intervention* (Source: Elaboration by Research Unit Sapienza Università di Roma).

rizzo dell'interfaccia con i molti specialismi indotti dal paradigma della sostenibilità. Di fatto l'organizzazione di tutte le unità operative della ricerca che, di base, era incentrata sulle competenze-portanti proprie della progettazione tecnologica e ambientale, si è dimostrata capace nella fase sperimentale applicativa di attuare un livello molto spinto di interazione disciplinare, di profonda complementarità delle competenze, e di messa a sistema di una visione multiculturalale con una effettiva articolazione operativa del progetto arricchita dall'apporto di numerose *expertise*, consulenze qualificate e relazioni internazionali di alto profilo. I contributi di ecologi, botanici, urbanisti, sociologi, economisti, ingegneri idraulici, fisico-tecnici, meteorologi, aereospaziali, insieme a quelli degli *stakeholder* ai vari livelli e dei diversi settori, si sono non solo affiancati ma profondamente interrelati nelle unità operative, diventando parte integrante dei gruppi di lavoro insieme ai consulenti-*expert* referenti dei numerosi *network*, prevalentemente internazionali, che anch'essi hanno svolto un ruolo di strettissima interazione con tutte le fasi degli

the boundaries "between" the disciplines: not only a collaboration and integration of knowledge (multi-disciplinary), not only a transposition, an in-depth exchange of points of view on knowledge, as well as a synthesis (inter-disciplinary), but also a test of the osmotic interaction set in motion by the different places, all them to be explored, found within the boundaries (or along the potential lines of contact, depending on the point of view) of the "infra" mode of innovation, meaning that "between" disciplines. At the same time, the specificity of the systemic, need-performance based approach, along with the multi-scalar, trans-disciplinary matrix of technological and environmental design, are particularly important and strategic in the management of the set of variables brought into play to ensure a constant expansion of knowledge, a strengthening of the administrative capabilities of the project, of guidance for the many specialised areas brought into being by the paradigm of sustainability. As a matter of fact, the organization of all the operational units of the research, grounded in the core skills of technological and environmental planning, proved capable, in the experimental phase, of implementing an elevated level of disciplinary interaction, a thoroughly complementary set of skills, all while establishing along systemic lines a multicultural vision with an effective operational articulation of the project, enriched by the contribution of numerous sources of expertise, qualified consultanties and high-profile international relations. The contributions of ecologists, botanists, urban planners, sociologists, economists, hydraulic engineers, physicists/technicians, meteorologists, aerospace engineers, together with those of stakeholders at various levels and in different sectors, not only occurred side-by-side, but were closely interrelated in the operational units, becoming an integral part of the workgroups, together with the expert consultants from numerous networks, for the most part international, who also interacted closely in all the phases of the experimental development of the project (they definitely deserve mention: Technische Universität of Berlin, Hochschule Neubrandenburg, the CMCC Foundation - Euro-Mediterranean Centre for Climate Change, the Upenn University of Pennsylvania, the ITC-CNR - Construction Technology Institute of Italy's National Research Council, the Technische Universität München, the Xi'an Jiaotong-Liverpool University, the Ecole Nationale Supérieure d'Architecture de Toulouse, the University of California at Berkeley, the Bio-Meteorology Institutes of the National Research Council in Florence and Bologna, the Reclamation Consortium 3 of the Central Valdarno District and the Ecole Nationale Supérieure d'Architecture of Grenoble).

The involvement of a wide-ranging interaction of disciplines within what is, by now, an irreplaceable multicultural perspective has resulted in the experimentation addressing the difficult and complex frontiers of infra-disciplinary, in addition to stimulating, and encouraging cross-fertilisation with, at least four sectors of

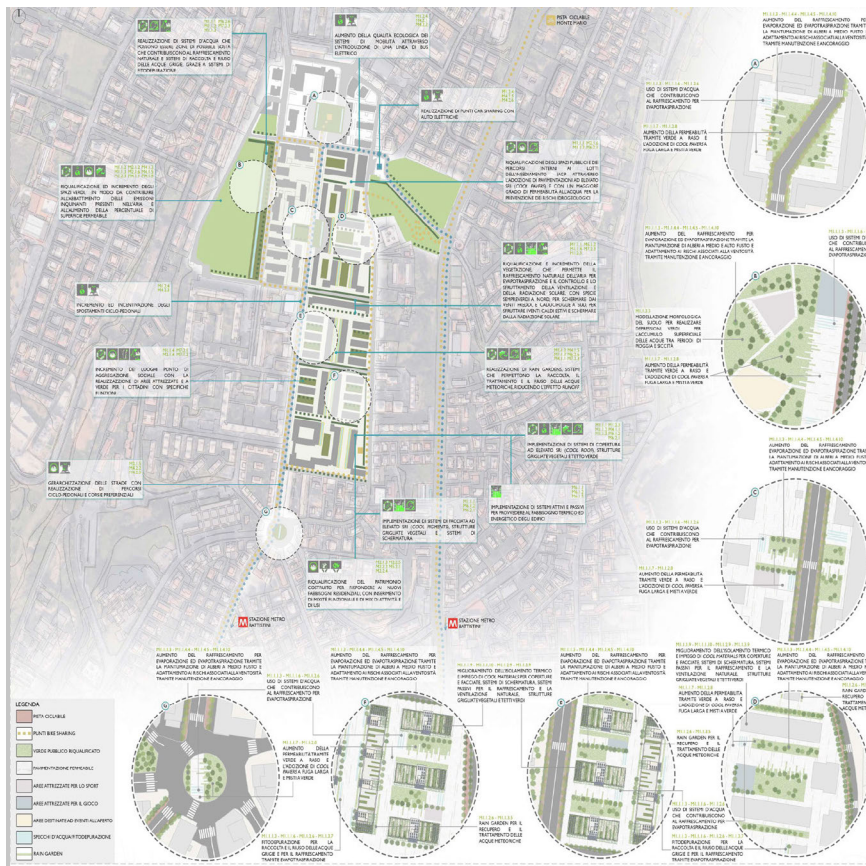


Fig. 3 - Approccio alla sperimentazione: *masterplan* del quartiere ERP di Primavalle. *Concept* di riferimento e definizione dei sistemi progettuali tecnologici che caratterizzeranno l'intervento di *adaptive design* / *Approach to experimentation: master plan of the ERP District of Primavalle, Rome. Concept of reference and definition of the design and technological systems that characterize the adaptive design intervention* (Source: Elaboration by Research Unit Sapienza Università di Roma).

themes and methods worthy of note for future developments.

First of all, it has prompted researchers, designers and those who experiment with adaptive design to deal with the most complex aspect of the method, and namely that represented by the term *error-friendliness-approach*, meaning an approach that not only “tolerates errors”, but stresses a “flexible, friendly cooperation” with them, transforming each error into a gradual “adaptive strengthening” of the system (Von Weizsäcker, 2010). As shown by the theory of evolution of species itself, evolutionary processes never involve the elimination of errors and failures, as, on the contrary, such occurrences make an indispensable contribution, and this is an element that should become irreplaceable, reinforcing the renewed vision of the future performance of the technological systems of our adaptive architecture and built environments.

The second intriguing area of comparison and cross-fertilisation is the one that research in adaptive design has established with ecological science. Thanks to this pairing, experimentation carried

sviluppi sperimentali progettuali (è doveroso ricordarli: Technische Universität Berlin, Hochschule Neubrandenburg, Fondazione CMCC Centro Euro-Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici, Upenn University of Pennsylvania, Istituto per le Tecnologie della Costruzione del Consiglio Nazionale delle Ricerche ITC-CNR, Technische Universität München, Xi’an Jiaotong-Liverpool University, Ecole Nationale Supérieure d’Architecture de Toulouse, University of California at Berkeley, Istituto di Biometeorologia del CNR di Firenze, Istituto di Biometeorologia del CNR di Bologna, Consorzio di Bonifica 3 Medio Valdarno, Ecole Nationale Supérieure d’Architecture de Grenoble).

La messa in gioco di una profonda interazione disciplinare in un’ottica multiculturale ormai imprescindibile, che ha condotto la sperimentazione a toccare le difficili e complesse frontiere della infra-disciplinarietà, ha comportato anche lo stimolo e il confronto con almeno quattro ambiti tematici e di metodo degni di nota per gli sviluppi futuri.

Prima di tutto ha spinto i ricercatori, progettisti, sperimentatori dell’*adaptive design* a confrontarsi col più complesso degli aspetti di metodo, quello rappresentato dal termine *error-friendliness-approach*, traducibile con l’espressione “approccio con



Fig. 4 - Passaggi multiscalari nelle elaborazioni della sperimentazione progettuale-dimostrativa condotta sui quartieri ERP di Primavalle e di Torrecchia, Roma: *concept, layout* di progetto, planimetria e prospetti a differenti scale / *Multiscale steps in the elaboration of the design-demonstration experimentations conducted on the ERP Districts of Primavalle and Torrecchia, Rome: concept, project layout, floor plan and elevations at different scales* (Source: Elaboration by Research Unit Sapienza Università di Roma).

buona disposizione nei confronti degli errori”, cioè non solo “tolleranza degli errori” ma anche “cooperazione flessibile e amichevole” con essi, che produca di errore in errore una progressiva “robustezza adattiva” del sistema (Von Weizsäcker, 2010). Si è visto come nella stessa teoria dell’evoluzione delle specie i processi evolutivi non comportino mai l’eliminazione degli errori e dei fallimenti che, anzi, ne sono un elemento indispensabile, ed è un elemento che deve diventare imprescindibile anche in una visione rinnovata del futuro comportamento prestazionale dei sistemi tecnologici delle nostre architetture e del nostro ambiente costruito adattivi.

Il secondo suggestivo ambito di confronto è quello che l’*adaptive design* svolto nell’ambito della ricerca ha stabilito con le scienze ecologiche. È un confronto dal quale la sperimentazione improntata da una cultura tecnologica del progetto apprende che dev’essere anche capace di mettere in condizioni i sistemi ambientale, urbano e architettonico di rispondere alle costanti interazioni con le trasformazioni in atto in modo insieme sinergico, dinamico e appropriatamente “reattivo”. È una gestione dell’ambiente costruito, dell’economia che esso sottende e delle loro interazioni - la più naturale e meno dispendiosa di risorse che esista, in un’ottica ecologica - che si basa sulla specifica capacità dei caratteri tecnologici del sistema di “riorganizzarsi dinamicamente”, in modo - per dirla con la letteratura scientifica internazionale - *dynamic-responsive* (Hausladen & Tucci, 2017).

Il terzo ambito di interazione infradisciplinare dell’*adaptive design* è quello che muove dall’assorbimento, rielaborazione e implementazione degli insegnamenti dall’antropologia-sociologia urbana in dialogo con le neuroscienze, in particolare nella presa di consapevolezza, da parte del progettista e del ricercatore, dei processi di tipo *cognitive-perceptive* che si attuano nell’utente-cittadino immerso negli spazi dell’abitare (acuiti quando investiti dai cambiamenti climatici) fonti di quegli stimoli, che la sperimentazione di *adaptive design* si avvia a trasformare mettendo in gioco finanche le *changing shapes of architecture* (Hensel & Nilsson, 2019) e le innovative modalità simulative di tali processi oggi integrabili nelle metodiche di sviluppo ideativo e progettuale.

Infine, a proposito di quest’ultimo passaggio logico che fa cenno alle potenzialità innovative insite nelle modalità simulative, nella fase sperimentale della ricerca è stata verificata la formidabile compenetrazione dell’*adaptive design* nel mondo del *simulation and modelling approach*, approccio che rappresenta una condizione metodologica di lavoro importante - nel futuro, ma forse possiamo ormai dire già nel presente, imprescindibile e obbligata - per l’affinamento dell’apparato conoscitivo-cognitivo delle condizioni ambientali e microclimatiche e per la più corretta prefigurazione simulativa e predittiva dei comportamenti e delle *performance* dello stato di progetto (Auer et al., 2017). Una dimensione di metodo e di operatività, questa, che ha permesso di innescare virtuosi processi di “*simulation ex ante - modelling - simulation ex post*” dei quali una parte integrante ed essenziale è costituita dai ripetuti momenti di *feedback* alla cui importanza, per il conseguimento di configurazioni e realtà urbane adattive, abbiamo già accennato in un passaggio precedente e che il lettore troverà, nella consultazione di questo libro, come aspetto ricorrente e caratterizzante la narrazione del modo di lavorare di tutti i gruppi nello sviluppo delle impegnative fasi sperimentali e progettuali della ricerca.

out in the sign of design technology has learned that it must also enable environmental, urban and architectural systems to respond to the constant interaction with the transformations underway in a manner that proves synergetic, dynamic and appropriately “reactive”. This outlook on managing the built environment, its underlying economy and the interaction between the two - the most natural and least resource-intensive approach possible, from an ecological perspective - relies on the specific ability of the technological features of the system to “dynamically reorganize themselves” in a way that is - to quote the international scientific literature - “dynamically responsive” (Hausladen & Tucci, 2017).

The third area of infra-disciplinary interaction of adaptive design ranges from the absorption, reworking and implementation of the teachings of urban anthropology-sociology, as part of a dialogue with neuroscience, especially in terms of a heightened awareness, on the part of designers and researchers, of the cognitive-perceptive processes at work in the user-citizen immersed in the living spaces (exacerbated when under the effect of climate change) that give rise to such stimuli, and which the experimentation in adaptive design sets out to transform, bringing into play even the “changing shapes of architecture” (Hensel & Nilsson, 2019) and the innovative simulation capabilities of these processes that can now be integrated into methods of conceptual development and design.

Finally, with regard to this last logical step, which points to the innovative potential of simulation procedures, there occurred, during the experimental phase, a formidable comingling of adaptive design in the world of simulation with modelling, an approach that constitutes an important working methodology - for the future, but perhaps we can already consider it, even in the present, as unavoidable and obligatory - for the further refinement of the apparatus for knowing and understanding environmental and microclimatic conditions, and for the most the most accurate possible simulations and forecasts of results and performance of the current practice of design (Auer et al., 2017). A dimension of method and operational potential, this last, which has given rise to virtuous processes of “simulation ex ante - modelling - simulation ex post”, of which an integral, key component consists of the periodic moments of feedback whose importance, when it comes to obtaining adaptive urban configurations and realities, we have already touched upon in a previous passage, and which the reader will find, in consulting this book, to be a recurring characteristic of the narration of the working method of all the groups involved in developing the highly challenging experimental and planning phases of research.

References

- Auer, T., Melis, A. & Aimar, F. (2017), *Disruptive Technologies. The integration of advanced technology in architecture and radical projects for the future city*, Wolters Kluwer, Milano.
- EC European Commission (2020), *Green City Accord. Clean and Healthy Cities for Europe*, EU Publishing, Brussels.
- EEA European Environment Agency (2016), *Urban Adaptation to Climate Change in Europe*, Publications Office of the European Union, Luxembourg.
- EEA European Environment Agency (2020), *Urban adaptation in Europe: how cities and towns respond to climate change*, report n. 12, Publications Office of the European Union, Luxembourg.
- Gangemi, V. (1985), “Tecnologia e architettura”, in Gangemi, V. (ed), *Architettura e tecnologia appropriata*, Franco Angeli, Milano.
- Hausladen, G. & Tucci, F. (2017), “Technological Culture, Environment and Energy: the Outlook for Research and Experimentation”, *Techne. Journal of Technology for Architecture and Environment*, vol. 13, pp. 63-71.
- Hensel, M.U. & Nilsson, F. (2019), *The Changing Shape of Architecture. Further Cases of Integrating Research and Design in Practice*, Routledge, London.
- ILO International Labour Organisation (2016), *A just transition to climate-resilient economies and cities*, ILO Editions, Geneva.
- IPCC Intergovernmental Panel on Climate Change (2018), *Global Warming of 1,5°C. Summary for Policymakers*, Cambridge University Press, Massachusetts.
- IPCC Intergovernmental Panel on Climate Change (2019), *Climate Change and Land*, Cambridge University Press, Massachusetts.
- OECD Organisation for Economic Co-operation and Development (2016), *Green Cities Programme Methodology*, ICLEI Local Governments for Sustainability, European Bank for Reconstruction and Development, EBRD Publishing, London, Paris.
- Spadolini, P. (1974), “Design e tecnologia: struttura e contenuti di un campo di indagine”, in Spadolini, P. (ed), *Design e tecnologia: un approccio progettuale all'edilizia industrializzata*, Edizioni Luigi Parma, Bologna.
- UN Habitat (2011), *Saving Cities: Adaptation as part of Development*, United Nations Human Settlements Programme Publishing.
- Vittoria, E. (1983), “Progetto, cultura, tecnica”, *Controspazio*, n. 3, Gangemi Editore, Roma.
- Von Weizsäcker, C. (2010), “Fehlerfreundlichkeit”, in Kornwachs, K. (ed), *Offenheit Zeitlichkeit Komplexität. zur Theorieoffener Systeme*, Campus Verlag, Frankfurt.

METODOLOGIA DELLA RICERCA.
APPROCCIO CLIMATE-ORIENTED PER LA CONOSCENZA E IL PROGETTO
RESEARCH METHODOLOGY.
CLIMATE-ORIENTED APPROACH TO KNOWLEDGE AND DESIGN

The whole section of the Research Methodology represents a synthesis of the contributions of all Research Units and their components on the several, closely integrated and interacting phases according to progressive downscaling and feedback processes.

Strategic Programmes

Climate Oriented Approach interazioni
Technological Design

Climate Adaptation **Rischio** Interactions

Progetto urbano Research Methodology

Multicultural Knowledge Design protocolli
protocols **Strategies** Urban Taxonomies

Environmental Design

Simulations **multiculturale** Test

Metodologia della Ricerca

Risk Criteri site specific **CoDesign**

Approccio sistemico **Multiscalarità**

Progetto **simulazioni**

Demonstration Projects

Systemic Approach

Climate proof

Conoscenza Progettazione Ambientale

1. Le parti e il tutto: approccio sistemico e tassonomie urbane in chiave climate-proof

The Elements and the Whole: Climate-Proof Systematic Approach and Urban Taxonomies

Roberto Bologna, Francesco Alberti, Giulio Hasanaj, Maria Vittoria Arnetoli
Università degli Studi di Firenze

1.1 TASSONOMIE URBANE E CRITERI METODOLOGICI PER LA PERIMETRAZIONE DELLE AREE PER IL CONTRASTO AL CAMBIAMENTO CLIMATICO

Il capitolo descrive le metodologie applicate dalle *Research Units* per la perimetrazione delle aree urbane oggetto di analisi e sperimentazioni progettuali, prevalentemente riconducibili a un approccio comune, poste alla base della ricerca generale, ma in parte definite dai singoli gruppi di lavoro tenendo conto della specificità dei diversi contesti territoriali presi in considerazione per le verifiche applicative.

L'attenzione è posta al sistema di criteri adottati per trasferire le modalità e le strutture consolidate della tassonomia e della "scala architettonica" alle questioni del cambiamento climatico, a partire da un ragionamento complessivo sul cambio di prospettiva culturale e scientifica che il progetto ambientale determina: da un approccio che lega secondo un principio di scala il generale al particolare, alla visione eco-sistemica, in cui generale e particolare sono collegati da relazioni dipendenti dall'obiettivo del progetto e dalle caratteristiche del sito. In questo senso, la stessa parola "classificazione" non risponde più al principio di gerarchia lineare, quanto piuttosto al riconoscimento di classi omogenee di spazi caratterizzate da elementi e *performance* confrontabili e interagenti. Il termine "classificazione" si apre alle procedure del "*machine learning*" per implementare processi di carattere informatico (sistemi informativi, simulazioni, etc.) sensibili alle differenze di contesto.

Le città sono ampiamente riconosciute come il luogo della complessità e i repentini cambiamenti climatici, economici e sociali che le investono richiedono modelli interpretativi capaci di descriverne il comportamento, prevederne le tendenze evolutive e prevenirne gli impatti severi (Aprèda, 2019). Le modalità interpretative e di lettura della complessità urbana individuano nel sistema fisico e in quello sociale le principali componenti da cui dipendono le caratteristiche che ne influenzano la vulnerabilità e, di conseguenza, gli impatti e il rischio (IPCC, 2014; EEA, 2017).

La comprensione delle interazioni tra i vari sistemi e sottosistemi del contesto urbano è fondamentale al fine di indirizzare linee di sviluppo per l'adattamento al cambiamento climatico e costituisce la base di partenza per misurare le ricadute dei processi di *adaptive design* alla scala locale, partendo dalla comprensione dei fenomeni climatici alla scala territoriale (Losasso, 2017). Un approccio inter-scalare - dalla dimensione territoriale ad ambiti più circoscritti - risulta quindi cruciale per poter definire le tipologie degli interventi di riqualificazione appropriate agli obiettivi di riduzione della vulnerabilità climatica e di incremento della resilienza. Tale passaggio deve essere inoltre accompagnato dalla lettura dei caratteri funzionali-spaziali, tipo-morfologici, ambientali e tecnologici (D'Ambrosio, 2019).

1.1 URBAN TAXONOMIES AND METHODOLOGICAL CRITERIA FOR THE DELIMITATION OF THE AREAS TO TACKLE CLIMATE CHANGE

The chapter describes the methodologies applied by different research groups for the delimitation of urban areas subject to analysis and design experimentation, mainly concerned to a common approach identified in the general research, but partly defined by the single Research Unit, taking into account the particular features of different geographical contexts.

The focus is on the criteria to be adopted in order to extend the consolidated methods and structures of the taxonomy and "architectural scale" to the issues of climate change, starting from a general consideration of the changes in cultural and scientific perspectives that the environmental project determines: from an approach that links the general to the particular according to a principle of scale, to the eco-systemic vision, where general and particular are linked by relationships depending on the project objective and site characteristics.

Therefore, even the word "classification" no longer responds to the principle of linear hierarchy, but rather to the identification of homogeneous classes of spaces characterized by comparable and interacting elements and performances. The term "classification" itself leads to "machine learning" procedures to implement IT processes (information systems, simulations, etc.) sensitive to context differences.

Cities are widely recognized as the place of complexity and the sudden climate, economic and social changes that affect it require interpretative models able to describe their behavior, predict their evolutionary trends and prevent their severe impacts (Aprèda, 2019). The interpretative and reading methods of urban complexity identify the physical and social systems as the main components on which the characteristics that influence their vulnerability and, consequently, impacts and risk depend (IPCC, 2014; EEA, 2017).

Understanding the interactions between the various systems and subsystems in the urban environment is fundamental to addressing development needs for adaptation to climate change and is the basing point for measuring the impacts of adaptive

design processes at the local scale, starting from the understanding of climate phenomena at the geographical scale (Losasso, 2017). An inter-scalar approach - from the geographical dimension to more limited areas - is therefore crucial to define the types of redevelopment interventions appropriate to the objectives of reducing climate vulnerability and increasing of resilience. This step must also be accompanied by the reading of functional-spatial, typo-morphological, environmental and technological characters (D'Ambrosio, 2019).

Moreover, the methodological steps are related to the information layers used for the multi-scalar analysis of the urban and peri-urban area - in its complex articulation in systems and subsystems: from the broad areal scale, within which it is possible to assess climate performance and vulnerability, to the local scale, which is relevant to the development of site-specific design experimentations.

Such progression involves different problems and parameters, referable, on the one hand, to regional and urban studies and, on the other hand, to architecture and its technological components, corresponding to highly diversified levels of analysis and indicators, including the assessment of factors affecting climate and microclimate.

The selection process of the area under investigation and design experimentation crosses the territory from the widest scale up to the size of the building. The path of progressive deepening and finalization of knowledge consists of consequential and interdependent steps that follow a method of objective verification, based on the identification of the level of climate hazard for each scale.

The methodological approach used has been developed with the aim of organizing activities, procedures and tools of geographical studies and urban planning and integrating them with in-depth design solutions at the technological scale.

The methodology adopted alternate analytical and applied verification phases, following a progression of operations that transcends the different scales of analysis: Large-scale Area, Urban District, Homogeneous Urban Areas or Transects and their Urban Components. Each of the different levels corresponds to a group of information, diversified in relation to the specific objectives of each scale. The information layers have been returned in the form of thematic maps; through a synthesis of the information and knowledge acquired, it has been then possible to make a critical-interpretative reading that has oriented the subsequent choices.

1.2 THE URBAN TAXONOMIES

The spatial samples analysed by the Research Units cross different scales, providing a wide range of recurring geographical

In particolare, i passaggi metodologici sono correlati agli strati informativi utilizzati per l'analisi del territorio urbano e periurbano - nella sua complessa articolazione in sistemi e sottosistemi - a diverse scale: da quella più ampia, entro cui è possibile valutare le prestazioni climatiche e i livelli di vulnerabilità dei sistemi, a quella di maggior dettaglio, pertinente allo sviluppo delle sperimentazioni progettuali *site-specific* dei singoli gruppi di ricerca.

Tale progressione chiama in causa problematiche e parametri molto diversi, riferibili, da un lato, alla sfera delle discipline del territorio e alla pianificazione urbanistica e, dall'altro, all'architettura e alle sue componenti tecnologiche, a cui corrispondono livelli di analisi e indicatori estremamente diversificati anche per quanto riguarda la valutazione dei fattori incidenti sul clima e il microclima.

Il processo di selezione dell'area oggetto di indagine e sperimentazione progettuale attraversa il territorio di riferimento a partire dall'area alla scala territoriale più ampia fino alla dimensione del manufatto edilizio. Seguendo un metodo di verifica oggettivo, basato sul livello di criticità climatica riscontrato tramite le analisi specifiche per ogni scala di analisi, il percorso di progressivo approfondimento e finalizzazione della conoscenza è costituito da passaggi consequenziali e interdipendenti.

L'approccio metodologico impiegato è stato sviluppato con l'obiettivo di sistematizzare attività, procedure e strumenti propri degli studi territoriali e della pianificazione urbanistica e di integrarli con soluzioni progettuali approfondite alla scala tecnologica.

La metodologia adottata ha alternato fasi analitiche a fasi di verifica applicata, secondo una progressione di operazioni che si sono susseguite attraverso le diverse scale di analisi: Ambito territoriale, Distretto urbano, Ambiti urbani omogenei e/o Transetti e loro componenti urbane. A ognuno dei differenti gradi di approfondimento corrisponde un gruppo di strati informativi, diversificati in relazione agli obiettivi specifici di ciascuna scala. Gli strati informativi sono stati restituiti sotto forma di carte tematiche; attraverso una sintesi delle informazioni e conoscenze acquisite, è stato quindi possibile effettuare una lettura critico-interpretativa che ha orientato le scelte successive.

1.2 LE TASSONOMIE URBANE

I campioni territoriali analizzati dalle *Research Units* attraversano scale diverse, fornendo una casistica ampia di situazioni territoriali ricorrenti nel nostro Paese.

Procedendo dal generale al particolare, tale casistica comprende, alla scala più piccola, Ambiti territoriali con estensioni variabili, definiti, in ragione delle loro specifiche caratteristiche, come "Macroarea" - corrispondente all'insieme di più quartieri ai margini di una grande area urbana (Napoli, Roma); "Subarea" - porzione territoriale di un sistema metropolitano più esteso (Milano), o "Area vasta" - area ricadente all'interno di più Comuni, contraddistinta dalla presenza di ampie superfici agricole inframmezzate al sistema insediativo (Firenze, Aversa). Nel caso di Reggio Calabria l'indagine è stata avviata a partire dalla scala urbana, prendendo in considerazione alcune porzioni del tessuto più densamente popolato della città per focalizzarsi successivamente sulle interazioni tra edificio e contesto.

Nella fase successiva, lo studio delle varie sedi si concentra nell'identificazione di ambiti di scala intermedia riconoscibili come "Distretti", per arrivare da ultimo all'individuazione dei campi di applicazione dei progetti dimostratori, riguardanti "Ambiti omogenei", "Transetti" e "Componenti elementari" del tessuto urbano,

quali edifici e spazi aperti. Nel caso di Aversa, partendo da una lettura d'area vasta riferita a un sottobacino idrografico, la ricerca ha riguardato un territorio attraversato da un sistema stradale di interconnessione tra diversi Comuni di cui sono stati approfonditi alcuni nodi urbani critici.

I paragrafi che seguono sono accomunati dall'identificazione delle vulnerabilità specifiche che contraddistinguono gli ambiti territoriali e/o urbani analizzati. Il fine di tale operazione è individuare, attraverso procedimenti di *downscaling*, le aree prioritarie di intervento sulle quali effettuare gli approfondimenti specifici.

Gli strati informativi elaborati alle scale dell'Ambito urbano omogeneo, del Transetto e delle Componenti elementari urbane, oltre a individuare le aree maggiormente vulnerabili, comprendono le informazioni utili allo sviluppo delle sperimentazioni progettuali.

1.2.1 Ambito territoriale

Le analisi geomorfologiche e meteorologiche sono alla base del riconoscimento (e conseguente perimetrazione) degli ambiti territoriali estesi, entro cui sviluppare le indagini preliminari, e sono finalizzate a individuare al loro interno le aree urbanizzate più critiche dal punto di vista del microclima e dei deflussi idraulici. I risultati di tali analisi permettono infatti di identificare gli indicatori caratterizzanti i principali fenomeni climatici estremi studiati dalla ricerca: le isole di calore urbane (*Urban Heat Island*) e le inondazioni generate o aggravate dalle piogge torrenziali (*Heavy Rainfall*).

Le isole di calore urbane, così come le piogge torrenziali, dipendono da fenomeni atmosferici e pertanto, per una corretta interpretazione, richiedono necessariamente approfondimenti alla scala territoriale, com'è implicito anche nella

situations in our country.

Proceeding from the general to the particular, this case study includes, on the smallest scale, geographical areas with variable extensions, defined, by reason of their specific characteristics, as "Macro-areas" - corresponding to the set of several neighborhoods at the edges of the largest urban areas (Naples, Rome); "Sub-area" - geographical portion of a larger metropolitan system (Milan), or "Large area" - an area comprehensive of several municipalities, characterized by the presence of large agricultural areas interspersed with the settlement system (Florence, Aversa).

In the case of Reggio Calabria the investigation starts from the urban scale, taking into consideration some parts of the highly populated urban environment of the city and subsequently focusing on the interaction between building and context.

In the next phase, the study of the various locations focuses on the identification of intermediate-scale areas recognizable as "Districts", to finally arrive at the identification of the fields of application of the demonstration projects, concerning "Homogeneous areas", "Transects" and "Elementary components" of the urban fabric, such as buildings and open spaces.

In the case of Aversa, starting from a reading of an extended area referring to a hydrographic sub-basin, the research covered a territory crossed by a road system of interconnection between several municipalities of which some critical urban nodes were studied in deep.

The following paragraphs have in common the identification of specific vulnerabilities that characterized the analysed geographical and/or urban areas. The purpose of this operation is to identify, through downscaling procedures, the priority areas of intervention on which to carry out specific insights.

The information layers developed at the scales of the Homogeneous urban environment, the Transect and the Elementary urban components, as well as identifying the most vulnerable urban areas, include useful information for the development of design experimentations.

1.2.1 Geographical area

Geomorphological and meteorological analysis are the starting point for the definition (and consequent delimitation) of the extended geographical areas in which to develop the preliminary investigations, aimed to detect the most critical urban areas from the point of view of microclimate and hydraulic outflows. The results of these analysis allow to identify the indicators characterizing the main extreme climatic phenomena studied by the research: the urban heat islands and the floods generated or aggravated by heavy rainfall.

The urban heat islands, as well as heavy rainfall, depend on

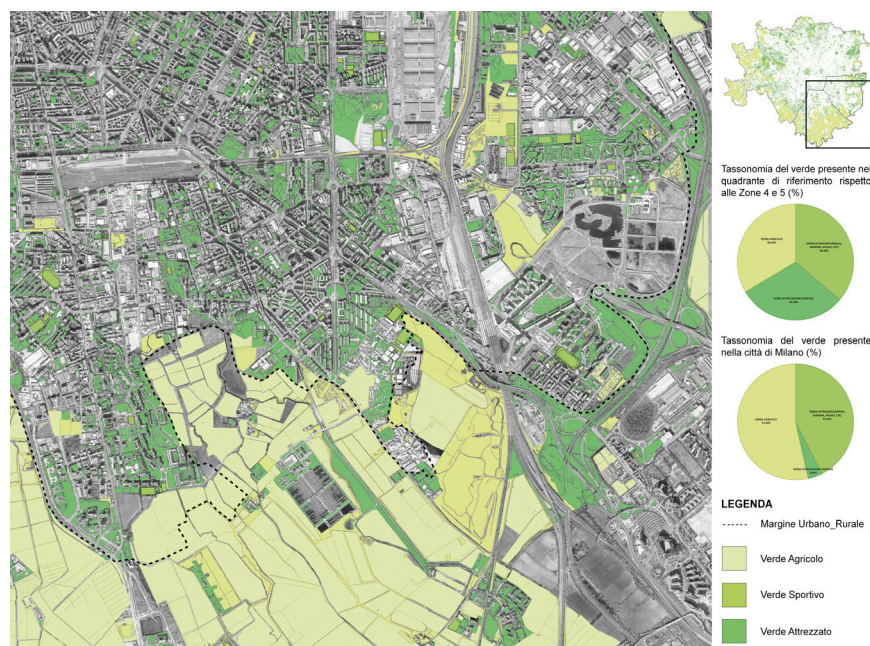


Fig. 1 - Ambito territoriale. Lettura tassonomica del verde nella Subarea Milano sud-est / Geographical area. Taxonomic green reading in the Sub-area South-East Milan (Source: Elaboration by Research Unit Politecnico di Milano).

atmospheric phenomena and therefore, for a correct interpretation, they necessarily require in-depth analysis at the geographical scale, as is also implicit in the definition of Urban Heat Island as «a “reverse oasis” where air and surface temperature are hotter than in their rural surrounding» (Gartland, 2011, pp. 1-14).

The delimitation of the geographical area, in its different declinations, was accompanied by the construction of knowledge frameworks concerning the main aspects of the territories in exam. A part of the investigation was directed to the knowledge of the properties of the area from the physical, settlement and functional point of view; another to the in-depth study of aspects on climatic and environmental vulnerabilities, with the intent to identifying the most stressed Urban Districts by the two recurrent climatic phenomena mentioned above.

Moreover, the analysis of the general framework of knowledge concerned the physical characteristics of the territory, urban and geographical planning restrictions.

As regard the assessment of geographical vulnerabilities related to climate change, each research group selected the indicators most relevant to the specific characteristics of the analysed geographical sample.

The indicators used are the following: average surface temperatures; perceived temperature (*humidex index*); hydraulic risk and danger from flash flood; air quality (presence of pollutants); quantity and quality of vegetation (ecological efficiency, tree cover and “standard” of public green equipment); quality of public space (state of conservation/ maintenance or degradation, uses, presence of services, impacts induced by vehicular traffic); and, for the purposes of a proper risk assessment (which depends, in addition to the dangerous conditions, on the potential damage produced in a given context) demographic data relating to: resident population and business employees, average income and fuel poverty.

The cross-reading of these information strata, returned through thematic maps in open GIS (Geographic Information System), has allowed to highlight the most critical portions of urbanized territory, to be considered as “priority interventions areas” for the subsequent elaboration of demonstration projects. In this way, the scale shift from the region to the Urban District takes place: defining the spatial dimension that allows to improve the urban and climatic analysis bringing them to a level of appropriated details for the development of urban regeneration strategies in a resilient key, the central theme of research.

1.2.2 Urban District

From the analysis carried out on different geographical areas it emerges that most of these include several urban areas recognizable as Districts and some of which are far different from the

definizione stessa di *Urban Heat Island* come «un’“oasi inversa”, in cui le temperature dell’aria e della superficie sono più calde rispetto all’ambiente rurale limitrofo» (Gartland, 2011, pp. 1-14).

La perimetrazione dell’ambito territoriale, nelle sue diverse declinazioni, è stata accompagnata dalla costruzione di quadri conoscitivi riguardanti gli aspetti salienti dei territori in esame. Una parte delle indagini è stata diretta alla conoscenza delle caratteristiche distintive del territorio oggetto di studio dal punto di vista fisico, insediativo e funzionale, un’altra all’approfondimento degli aspetti incidenti sulle relative vulnerabilità climatiche e ambientali, con l’intento di identificare i distretti urbani maggiormente stressati dai due fenomeni climatici più ricorrenti sopra menzionati.

Più specificamente, le analisi che costituiscono il quadro conoscitivo generale hanno riguardato i caratteri fisici del territorio, la vincolistica e lo stato della pianificazione urbanistico-territoriale vigente.

Per quanto riguarda invece la valutazione delle vulnerabilità territoriali legate al cambiamento climatico, ogni *Research Unit* ha selezionato gli indicatori più pertinenti alle specifiche caratteristiche del campione territoriale analizzato. Nell’insieme, gli indicatori utilizzati sono stati: temperature medie superficiali; temperatura percepita (*humidex index*); rischio idraulico e pericolosità da *flash flood*; qualità dell’aria (presenza di inquinanti); quantità e qualità della vegetazione (efficienza ecologica, copertura arborea e dotazione di verde pubblico “a standard”); qualità dello spazio pubblico (stato di conservazione/manutenzione o degrado, usi, presenza di servizi, impatti indotti dal traffico veicolare); nonché, ai fini di una corretta valutazione del rischio (che dipende, oltre che dalle condizioni di pericolosità, dal danno potenziale producibile in un determinato contesto), i dati demografici relativi a: popolazione residente e addetti d’impresa, reddito medio e *fuel poverty*.

La lettura incrociata di tali strati informativi, restituiti attraverso mappe tematiche in ambiente *open GIS* (*Geographic Information System*), ha consentito di evidenziare le porzioni di territorio urbanizzato maggiormente critiche, da considerare come “aree di intervento prioritario” per la successiva elaborazione di progetti dimostratori. Si attua così il passaggio di scala dall’Ambito territoriale al Distretto urbano: ovvero a quella dimensione territoriale che consente di affinare le analisi urbane e climatiche portandole a un livello di dettaglio adeguato allo sviluppo di strategie di rigenerazione urbana in chiave resiliente, tema centrale della ricerca.

1.2.2 Distretto urbano

Dalle analisi operate sugli Ambiti territoriali emerge che, nella maggior parte dei casi, questi racchiudono al loro interno più Ambiti urbani riconoscibili come Distretti, alcuni dei quali si discostano sensibilmente dalle suddivisioni amministrative municipali.

Nella ricerca la nozione di “Distretto urbano” è stata riferita a una scala dell’insediamento intermedia tra la città e il quartiere, corrispondente ad ambiti con caratteri insediativi e limiti naturali riconoscibili, al cui interno sono presenti importanti funzioni di servizio e dotazioni infrastrutturali, che possono essere eventualmente suddivisi in sottoinsiemi urbani di dimensioni minori.

L’individuazione dei Distretti urbani assunti come casi di studio della ricerca ha tenuto conto sia di parametri oggettivi, di carattere demografico, urbanistico-territoriale e bioclimatico, che degli apporti derivanti da consulenze scientifiche esterne riguardanti la lettura dei dati climatici e dall’interlocazione con gli enti pubblici.

La dimensione demografica dei Distretti individuati - che costituisce una va-

riabile estremamente rilevante ai fini della valutazione della relativa vulnerabilità - si è quindi attestata entro un intervallo compreso tra i 20.000 e i 50.000 abitanti, sostanzialmente “conforme” alla popolazione media degli *Eco-district* europei¹.

Le indagini urbanistico-territoriali hanno riguardato: numero di abitanti, funzioni urbane, evoluzione storica e continuità dei sistemi insediativi, omogeneità geomorfologica del contesto territoriale, presenza di limiti naturali e dotazioni infrastrutturali; mentre tra i parametri di carattere bioclimatico approfonditi rientrano: orientamento dei tracciati, soleggiamento, copertura arborea, permeabilità, *runoff* e albedo delle superfici al suolo.

Un ruolo importante è stato svolto, inoltre, dall’interlocuzione con le Amministrazioni locali, che ha orientato le indagini verso quei Distretti che presentavano le maggiori potenzialità sotto il profilo della rigenerazione urbana. Aspetto, quest’ultimo, estremamente significativo, in quanto ha costituito un elemento di diversificazione degli interventi proposti dalle singole *Research Units*.

Le informazioni raccolte a livello di Distretto - a loro volta restituite sotto forma di mappe tematiche - hanno consentito di stringere ulteriormente il campo su alcune “aree di intervento prioritario”, riconducibili a due “tipi” spaziali e altrettanti approcci progettuali: gli “Ambiti urbani omogenei”, suscettibili di trasformazioni estensive, e i “Transetti urbani”, entro cui operare secondo una logica di sistema.

Il paragrafo successivo descrive i criteri di perimetrazione e gli approfondimenti analitici effettuati per entrambi i tipi, con il duplice fine di identificarne le vulne-

1 Si vedano a titolo di esempio il *Klimakvarter* di Østerbro con 23.800 abitanti, l’*Eco-district* Flaubert a Rouen con 17.000 abitanti, l’*Éco-quartier* Clichy-Battignolles con 20.200 abitanti, la *Green City* “Märkischen Viertel” di Berlino con 35.000 abitanti, *Green District* “Ecociudad Valdespartera” a Saragozza con 30.000 abitanti.

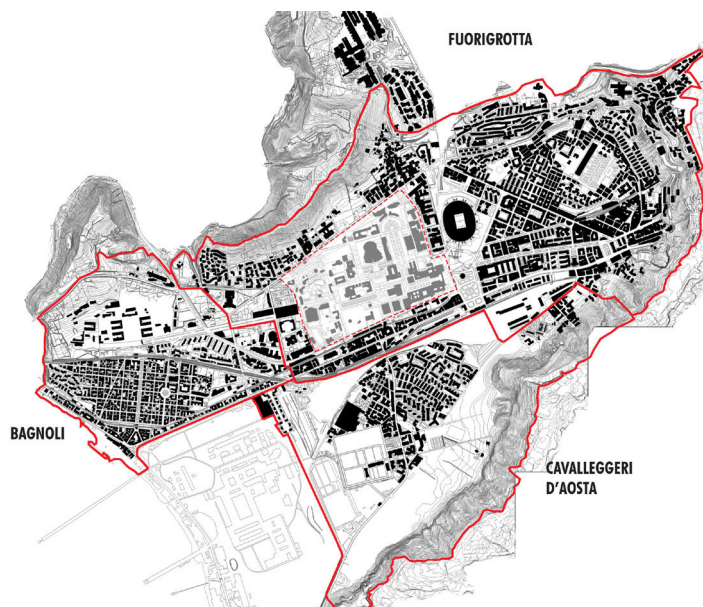


Fig. 2 - Individuazione dei Distretti urbani a Napoli ovest / Location of urban District in West part of Naples (Source: Elaboration by Chiara Cerino and Francesca Di Biase, thesis, 2020).

municipal administrative subdivisions.

In the research, the notion of “Urban District” has been referred to an intermediate scale between the city and the neighborhood, corresponding to areas with recognizable settlement characteristics and natural limits, within which there are important functions and infrastructure equipment, which may possibly be divided into urban subsets of smaller dimensions.

The identification of Urban Districts as case studies of research has taken into account objective parameters (demographic, urban, geographical and bioclimatic data) and the contributions resulting from external scientific advice, concerning the reading of climate data, and from the dialogue with public bodies.

The demographic dimension of the identified Districts - which constitutes an extremely important variable for the assessment of the relative vulnerability - has therefore been stated within a range between the 20,000 and the 50,000 inhabitants, substantially “compatible” with the average population of the European *Eco-districts*¹. The urban and geographical investigations concerned: number of inhabitants, urban functions, historical evolution and continuity of settlement systems, geomorphological homogeneity of the geographical context, presence of natural limits and infrastructure; while the bioclimatic parameters include: orientation of the street, shading, tree cover, permeability, runoff and albedo of the ground surfaces.

An important role was played by the dialogue with local administrations, which oriented the investigations towards those Districts with the greatest potential for urban regeneration. This last aspect is extremely significant, since it has been an element of diversification of the interventions proposed by the individual *Research Units*.

The information collected at the district level - returned in the form of thematic maps - allowed one to narrow the field further on some “priority intervention areas”, related to two different spatial “types” and design approaches: the “Homogeneous Urban Areas”, liable to extensive transformations, and the “Urban Transects”, within which to operate according to a system logic.

The next paragraph describes the delimitation criteria and the analytical investigations carried out for both types with the dual purpose of identifying their specific vulnerabilities and developing within them the design experiments on which to measure the adaptive capacities.

1 See for example the *Klimakvarter* in Østerbro with 23,800 inhabitants, the *Eco-district* Flaubert in Rouen with 17,000 inhabitants, the Clichy-Battignolles *Eco-district* with 20,200 inhabitants, the *Green City* “Märkischen Viertel” in Berlin with 35,000 inhabitants, *Green District* “Ecociudad Valdespartera” in Zaragoza with 30,000 inhabitants.

1.2.3 Homogeneous Urban Areas and Transects

The delimitation of “Homogeneous Urban Areas” and “Transects” has been an essential step of the research as they represent the main field of elaboration and validation of the climate adaptation project.

The analysis carried out at this scale concerned the physical, morphological, typological, environmental and performance characteristics of the urban subset considered. In particular, on the one hand, a taxonomy of the building fabrics was carried out in order to understand the peculiar characteristics of the buildings; on the other, the open space was examined, recognizing in particular the public space a key role within the processes of resilient urban regeneration (Battisti et al., 2020).

As regards to the building, the analysis was based on the following criteria: density, types of building and construction, age of construction, functions, heights and number of floors.

The systematic reading of the open spaces was instead carried out on the physical, functional, architectural and material characteristics through two steps. The first concerned the typological classification of the open spaces present in the study contexts: squares, streets, gardens, courts, parks, etc. The second, focused on the analysis of the elements belonging to each type of open space of which taxonomies were produced based on the following criteria: type of streets (hierarchy and dating), presence or absence of building fronts at the boundary, characteristics of the fronts, presence of vegetation and/or fur-

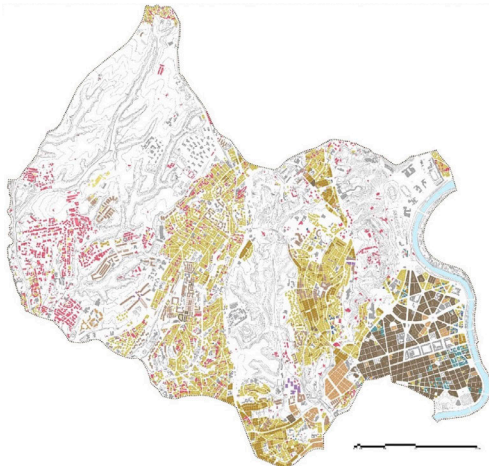


Fig. 3 - Ambiti urbani omogenei. Sistema delle tipologie edilizie dell'area nord-ovest di Roma / *Homogeneous Urban Areas. System of building types in the North-West area of Rome* (Source: Elaboration by Research Unit Sapienza Università di Roma).

racilità specifiche e di sviluppare al loro interno le sperimentazioni progettuali su cui misurare le capacità di adattamento.

1.2.3 Ambiti urbani omogenei e Transetti

La perimetrazione di “Ambiti urbani omogenei” e “Transetti” ha costituito un passaggio essenziale della ricerca in quanto essi rappresentano i principali contesti di elaborazione e validazione del progetto di adattamento climatico.

Le analisi effettuate a questa scala hanno riguardato le caratteristiche fisiche, morfologiche, tipologiche, ambientali e prestazionali del sottoinsieme urbano considerato. In particolare, da un lato si è proceduto a una tassonomia dei tessuti edilizi, al fine di comprendere le caratteristiche distintive dell'edificato; dall'altro, si è esaminato lo spazio aperto, riconoscendo in particolare allo spazio pubblico un ruolo chiave all'interno dei processi di rigenerazione urbana resiliente (Battisti et al., 2020).

Per quanto concerne l'edificato, le analisi si sono basate sui seguenti criteri: densità, tipologie edilizie e costruttive, epoca di costruzione, destinazioni d'uso, altezze e numero di piani.

La lettura sistematica degli spazi aperti è stata invece effettuata sulle caratteristiche fisiche, funzionali, architettoniche e materiche attraverso due *step*. Il primo, ha riguardato la classificazione su base tipologica degli spazi aperti presenti nei contesti oggetto di studio: piazze, strade, giardini, corti, parchi, etc. Il secondo, si è concentrato sull'analisi degli elementi appartenenti a ciascuna tipologia di spazio aperto di cui sono state prodotte tassonomie basate sui seguenti criteri: tipologia dei tracciati (gerarchia e datazione), presenza o meno di fronti edilizi al contorno, caratteristiche dei fronti, presenza di vegetazione e/o arredi, gerarchia riferita a parametri dimensionali (classi corrispondenti a *range* di larghezza per gli elementi lineari e di superficie per quelli areali).



Fig. 4 - Transetto di riqualificazione con all'interno la spina di intervento progettuale nel Comune di Scandicci (Firenze) / *Renovation transect within the intervention spine in the Municipality of Scandicci (Florence)* (Source: Elaboration by Research Unit Università degli Studi di Firenze).

La lettura dei parametri riferiti all'ambiente costruito, da un lato, e lo studio degli spazi pubblici aperti, dall'altro, ha quindi permesso di identificare e perimetrare gli "Ambiti urbani omogenei" e i "Transetti urbani". I primi corrispondono a parti di città più o meno estese quali: quartieri, comparti edilizi o comparti destinati a trasformazione/riqualificazione urbana, come aree dismesse o in via di dismissione (scali ferroviari, caserme, etc.). All'interno della ricerca, gli approcci progettuali sviluppati dai diversi gruppi hanno riguardato, in alcuni casi (Milano, Roma, Napoli) l'intero ambito urbano considerato, in altri (Firenze, Aversa, Milano, Napoli) si sono invece focalizzati su alcune sue componenti elementari, di tipo lineare (strade, arterie, viali, etc.) o areale (piazze, parcheggi, corti interne, etc.).

I "Transetti urbani"², così come individuati nel contesto della ricerca, corrispondono a sottoinsiemi urbani strutturati lungo un sistema lineare di spazi pubblici; sistema che può anche essere definito - mutuando un'espressione introdotta da Vittorio Gregotti per il PRG di Torino (Cagnardi, 1995) - come "spina urbana". L'interpretazione di tale sequenza di spazi aperti come elemento fondamentale della struttura insediativa del Distretto urbano di riferimento, sottesa allo stesso concetto di "spina", è la chiave di un approccio progettuale di tipo sistemico alla rigenerazione resiliente del Distretto, che trova riscontro nel coordinamento degli interventi previsti per le singole Componenti elementari urbane (tratti viari, piazze, slarghi, parcheggi, etc.) formanti la spina.

1.2.4 Componenti elementari urbane

L'ultimo livello di analisi si riferisce alle "Componenti elementari urbane". Queste rappresentano le unità minime di intervento all'interno degli "Ambiti urbani omogenei" e dei "Transetti urbani", sulle quali sono applicate le soluzioni tecnologiche per l'adattamento climatico. I criteri di perimetrazione e le analisi sviluppate a questo livello interessano quindi, come per il livello sovraordinato, sia il costruito che lo spazio aperto.

Le "Componenti elementari urbane" che si riferiscono al tessuto edilizio comprendono manufatti singoli o aggregati, come isolati, complessi residenziali o di edilizia specialistica. Per quanto riguarda lo spazio aperto, le componenti oggetto di studio includono elementi sia lineari (strade di tipo urbano ed extraurbano con livelli di servizio differenti, percorsi pedonali e ciclabili) che areali (piazze, slarghi, parcheggi, corti interne di edifici pubblici, parchi e giardini).

L'identificazione di tali "materiali urbani" (Gabellini, 2001) oggetto delle sperimentazioni progettuali è stata la fase della ricerca in cui i contributi delle diverse sedi operative si sono maggiormente differenziati per tipologia di intervento e soluzioni tecniche. Questa differenziazione ha definito un'ampia gamma di situazioni ricorrenti negli specifici contesti applicativi, per le quali sono state messe a punto metodologie innovative per il progetto, coerenti con gli obiettivi di rigenerazione resiliente dei Distretti urbani.

2 Concetto introdotto nell'analisi urbana dai teorici del *New Urbanism* per identificare una porzione di territorio con diversi gradienti di densità edilizia, sviluppato in senso longitudinale tra un core urbano compatto e fasce periurbane residenziali a bassa densità al confine col territorio rurale (Duany & Talen, 2002). Ulteriori precedenti sono rintracciabili nella "sezione di valle" (*Valley section*) teorizzata da Patrick Geddes e nei transetti applicati alla pianificazione d'area vasta da Ian McHarg in *Design with nature* (1969).

nishings, hierarchy related to dimensional parameters (classes corresponding to width ranges for linear elements and surface for areal elements).

Reading the parameters referring to the built environment, on the one hand, and the study of public outdoor spaces, on the other, has therefore made it possible to identify and outline the "Homogeneous Urban Areas" and "Urban Transects". The former corresponds to more or less extensive parts of the city such as: neighborhoods, homogeneous group of building and properties or urban redevelopment/renovation areas, such as abandoned or decommissioned areas (railway stations, barracks, etc.). The design approaches developed by the different groups concerned the entire urban environment, in the case of Milan, Rome and Naples, and was focused on some of its elementary components, linear (roads, arteries, avenues, etc.) or areal (squares, parking lots, internal courts, etc.), in the case of Florence, Aversa, Milan and Naples.

The "Urban Transects"², as identified in the research context, correspond to urban subsets structured along a linear system of public spaces; a system that can also be defined - borrowing an expression introduced by Vittorio Gregotti for the General Plan of the City of Turin (Cagnardi, 1995) - as "urban spine". The interpretation of this series of open spaces as a fundamental element of the structure of the Urban District which implies the same concept of "spine", is the key to a systemic design approach to the resilient regeneration of the District and determine the interventions on the individual Urban Elementary Components (roads, squares, widening, parking lots, etc.) forming the spine.

1.2.4 Urban Elementary Components

The last level of analysis refers to "Urban Elementary Components". These represent the minimum intervention units within the "Homogeneous Urban Areas" and "Urban Transects", on which technological solutions for climate adaptation are applied. The delimitation criteria and the analysis developed at this level therefore concern, as for the previous level, both the buildings and the open space.

2 *Concept introduced in the urban analysis by New Urbanism theorists to identify a portion of territory with different gradients of building density, developed in a longitudinal direction between a compact urban core and low-density residential peri-urban belts bordering the rural territory (Duany & Talen, 2002). Further precedents can be found in the "Valley section" theorized by Patrick Geddes and in the transects applied to geographical area planning by Ian McHarg in Design with nature (1969).*

The “Urban Elementary Components” that refer to the building fabric include single or aggregated buildings, such as blocks, residential or specialized building complexes. Regarding the open spaces, the components under study include both linear (urban and extra-urban roads of different type and levels of service, pedestrian and cycle paths) and areal (squares, widenings, parking lots, internal courtyards of public buildings, parks and gardens) elements.

The identification of these “urban materials” (Gabellini, 2001), subject of the design experiments, was the phase of research in which contributions of the Research Units differ by type of intervention and technical solutions provided. This allowed to investigate a wide range of recurring situations for each of which has been required the development of innovative methodologies for the project, in accordance with the resilient regeneration objectives of Urban Districts.

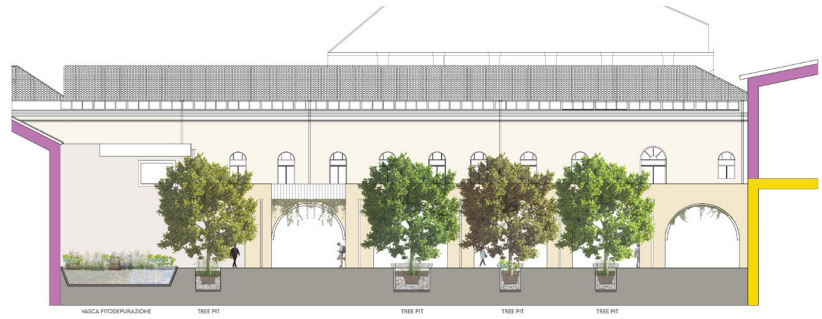


Fig. 5 - Componente elementare urbana. Il cortile interno della Real Casa dell’Annunziata, sede del Dipartimento di Ingegneria dell’Università degli Studi della Campania Luigi Vanvitelli / Urban Elementary Components. The inner courtyard of the Real Casa dell’Annunziata, headquarter of the Engineering Department of the University of Campania Luigi Vanvitelli (Source: Elaboration by Research Unit Università degli Studi della Campania Luigi Vanvitelli).

References

- Aprada, C. (2019), “Modelli di vulnerabilità ai fenomeni di heat wave e pluvial flooding in ambito urbano”, in D’Ambrosio, V. & Leone, M.F. (eds), *Progettazione ambientale per l’adattamento al Climate Change. 2. Strumenti e indirizzi per la riduzione dei rischi climatici / Environmental design for climate change adaptation. 2. Tools and guidelines for climate risk reduction*, Clean, Napoli, pp. 58-71.
- Battisti, A., Mussinelli, E. & Rigillo, M. (2020), “Spazio pubblico e qualità urbana / Public space and urban quality”, *Techne. Journal of Technology for Architecture and Environment*, n. 19, pp. 17- 23.
- Cagnardi, A. (1995), *Un senso nuovo del piano: piani regolatori di Gregotti associati*, Etas Libri, Milano.
- D’Ambrosio, V. (2019), “Processi di adattamento in ambito urbano. La Piattaforma Metropolis come strumento di supporto alle decisioni”, in D’Ambrosio, V. & Leone, M.F. (eds), *Progettazione ambientale per l’adattamento al Climate Change. 2. Strumenti e indirizzi per la riduzione dei rischi climatici / Environmental design for climate change adaptation. 2. Tools and guidelines for climate risk reduction*, Clean, Napoli, pp. 32-45.
- Duany, A. & Talen, E. (2002), “Transect Planning”, *Journal of the American Planning Association*, n. 68 (3), pp. 245-266.
- EEA European Environment Agency (2017), *Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2016 An indicator-based report*, report n. 1.
- Gabellini, P. (2001), *Tecniche Urbanistiche*, Carocci, Roma.
- Gartland, L. (2011), *Heat Islands: Understanding and Mitigating Heat in Urban Areas*, Earthscan, London.
- IPCC (2014), “Technical summary”, 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, United Kingdom and New York, pp. 35-94.
- Losasso, M. (2017), “Progettazione ambientale e progetto urbano”, *EcoWebTown. Journal of Sustainable Design*, n. 16 , vol. II, pp. 7-16.

2. Organizzare la conoscenza secondo criteri site-specific *Organizing Knowledge according to Site-Specific Criteria*

Elena Mussinelli, Andrea Tartaglia
Politecnico di Milano

2.1 STRUMENTI E METODI PER UNA CONOSCENZA MULTI-SCALARE/DISCIPLINARE

La conoscenza rappresenta un fattore chiave nei processi progettuali per il miglioramento della qualità dell'ambiente e l'incremento della resilienza urbana. In tali contesti la valutazione di alternative e l'individuazione delle soluzioni più efficaci in funzione di precise esigenze e criticità si fondano su un quadro analitico multidisciplinare, composito e articolato, in grado di considerare l'ambiente nella sua complessità e specificità locale (Sholz & Tietje, 2002). Alla dimensione del progetto urbano si integrano apporti di numerose altre discipline (ingegneria idraulica, botanica, geologia e geomorfologia, meteorologia, etc.), per leggere le condizioni dell'*habitat* e interpretare le tendenze evolutive dell'ambiente naturale e le dinamiche di trasformazione antropica del territorio.

La definizione di metodi e processi attraverso i quali organizzare le conoscenze necessarie all'individuazione dei problemi e delle correlate risposte *climate-oriented* rappresenta quindi un rilevante risultato della ricerca, anche per gli aspetti di trasferibilità e replicabilità. È importante sottolineare che la messa a punto delle linee metodologiche più oltre illustrate deriva da apporti forniti da tutte le *Research Units* coinvolte nella ricerca, restituendo così una *guide line* in grado di confrontarsi con diverse scalarità, con peculiarità e singolarità di contesto, con dinamiche insediative e scenari programmatori; un esito flessibile, funzionale a bilanciare aspetti di generalità e condizioni *site-specific*. Anche valorizzando ruolo e sensibilità del progettista nell'interpretare i caratteri del contesto, nel selezionare, organizzare e gestire il rapporto informazione/decisione secondo un processo euristico, creativo e scientificamente fondato, con la scelta di indicatori idonei in rapporto a specifici *hazard*. Per un «controllo qualitativo delle trasformazioni dello spazio-ambiente» da attuarsi, come già indicava Salvatore Dierna (1995), «nel rispetto di una cultura del limite, secondo modalità e strumenti capaci di trovare adeguate forme di equilibrio nella stratificata interrelazione tra componenti naturali e antropiche».

Al di là delle necessarie declinazioni applicative, la metodologia originale sviluppata e testata nella ricerca configura un processo “standardizzato” di analisi e valutazione *ex ante*, individuazione di criticità e rischi, repertoriamento di soluzioni e scelte tra alternative, modellazioni, simulazioni e verifiche, monitoraggio e valutazione *ex post*.

Tale processo prende avvio dalla ricognizione sullo stato dell'ambiente e dalla valutazione della sua qualità e vulnerabilità agli *hazard* climatici alle diverse scale di relazione tra sistema urbano e siti di intervento, tra azione antropica e *trend* evolutivi dell'ambiente naturale. Lungi dal costituire solo una fase pre-progettuale, l'attività di indagine è un processo che accompagna l'intero percorso decisionale:

2.1 TOOLS AND METHODS FOR MULTI-SCALAR/DISCIPLINARY KNOWLEDGE

Knowledge is a key factor in design processes for improving the quality of the environment and increasing urban resilience. In these contexts, the evaluation of alternatives and the identification of the most effective solutions according to needs and criticalities are based on a multidisciplinary, composite and articulated analytical framework, capable of considering the environment in its complexity and local specificity (Sholz & Tietje, 2002). The dimension of the urban project is integrated with contributions from other disciplines (hydraulic engineering, botany, geology and geomorphology, meteorology, etc.), to read the conditions of the habitat and interpret the evolutionary trends of the natural environment and the dynamics of the anthropic transformation of the territory.

Therefore, the definition of methods and processes for the knowledge organization necessary for identifying problems and related climate-oriented responses represents a relevant result of the research, also for the aspects of transferability and replicability. It is important to underline that the development of the methodological lines further illustrated derives from contributions provided by all the Units involved in the research, thus representing a guideline capable of dealing with different scalarities, with peculiarities and singularities of context, with settlement dynamics and programming scenarios; a flexible outcome, functional to balance aspects of generality and site-specific conditions. At the same time enhancing the role and sensitivity of the designer in interpreting the characteristics of the context in selecting, organizing and managing the information/decision relationship according to a heuristic, creative and scientifically based process, with the choice of suitable indicators in relation to specific hazards. For a «qualitative control of the transformations of space-environment» to be implemented, as Salvatore Dierna (1995) already pointed out, «in compliance with a culture of the limit, according to methods and tools capable of finding adequate forms of balance in the stratified interrelation between natural and anthropic components».

Beyond the necessary application variations, the original methodology developed and tested in the research configures a “standardized” process of *ex ante* analysis and evaluation, identification of criticalities and risks, repertory of solutions and choices between alternatives, modeling, simulations and verifications, *ex post* monitoring and evaluation.

This process starts from the survey on the state of the environment and from the assessment of its quality and vulnerability to climatic hazards at different scales of relationship between the urban system and intervention sites, between anthropic action and evolutionary trends of the natural environment. Far from constituting only a pre-planning phase, the investigation activity is a process that accompanies the entire decision-making process: from the identification and analysis of the urban Macro-area/Sub-area, to the perimeter of the District/s, up to the specific Homogeneous urban areas/Sectors and Urban components (transects, linear systems, single or aggregated buildings) optimal for design experimentation (demonstration projects).

Therefore, each Research Unit has selected the Sub-area of reference based on the recognition of characteristics of substantial homogeneity from the climatic point of view and on the presence of settling matrices and clearly identifiable territorial boundaries, favoring contexts for which transformative scenarios of a certain importance are envisaged. The characterization of the environmental system at the Sub-area scale was aimed at identifying the main vulnerabilities through sets of indicators taken from the scientific literature, capable of restoring the greater or lesser robustness of urban ecosystems. The analysis of the existing documentation (reports and official databases), with appropriate additions and specialist elaborations, shows essential elements such as: the historical evolution of the settlement systems, the demographic and socio-economic profile, the infrastructural and mobility structure, the morphological, geological and climatic characteristics, the cover and use of the soil, the natural and artificial hydrological network, the possible presence of constraints.

The identification and perimeter of the Districts was also based on common criteria related to the identification of natural and infrastructural limits, the dynamics of historical formation and the correlated settlement principles, the morpho-typological characteristics of the buildings, the functional aspects, the demographic and territorial parameters, as well as the presence of areas for which the current plans already foresee transformations such as to allow a comparative assessment between the *ex ante* and *ex post* situation prefigured by the demonstration projects. Areas selected for the importance of the climatic risk, but also for critical issues such as poor accessibility, the presence

dall’individuazione e analisi dalla Macroarea/Subarea urbana, alla perimetrazione del/dei Distretto/i, sino agli specifici Ambiti urbani omogenei/Comparti e Componenti urbane (transetti, sistemi lineari, edifici singoli o aggregati) ottimali per la sperimentazione progettuale (progetti dimostratori).

Ciascuna *Research Unit* ha quindi selezionato la Subarea di riferimento basandosi sul riconoscimento di caratteri di sostanziale omogeneità dal punto di vista climatico e sulla presenza di matrici insediative e confini territoriali ben individuabili, privilegiando contesti per i quali si prospettassero scenari trasformativi di una certa rilevanza. La caratterizzazione del sistema ambientale alla scala della Subarea è stata finalizzata all’individuazione delle principali vulnerabilità attraverso *set* di indicatori desunti dalla letteratura scientifica, capaci di restituire la maggiore o minore robustezza degli ecosistemi urbani. L’analisi della documentazione esistente (*report* e basi di dati ufficiali), con opportune integrazioni ed elaborazioni specialistiche, restituisce elementi essenziali quali: l’evoluzione storica dei sistemi insediativi, il profilo demografico e socio-economico, l’assetto infrastrutturale e della mobilità, le caratteristiche morfologiche, geologiche e climatiche, la copertura e l’uso del suolo, l’andamento del reticolo idrologico naturale e artificiale, l’eventuale presenza di vincoli.

Anche l’individuazione e perimetrazione dei Distretti si è basata su criteri comuni legati alla riconoscibilità dei limiti naturali e infrastrutturali, alle dinamiche di formazione storica e ai correlati principi insediativi, ai caratteri morfo-tipologici dell’edificato, agli aspetti funzionali, a parametri demografici e di estensione territoriale, nonché alla presenza di aree per le quali la pianificazione vigente già



Fig. 1 - Lettura dei sistemi del verde nell’area oggetto di sperimentazione: zone alberate, riserve e parchi, aree incolte, aree agricole, verde attrezzato / *Green systems in the experimentation area: trees, reserves and parks, uncultivated areas, agricultural areas, equipped green areas* (Source: Elaboration by Research Unit Sapienza Università di Roma).

preveda interventi di trasformazione tali da consentire una valutazione comparata tra la situazione *ex ante* e quella *ex post* prefigurata dai progetti dimostratori. Aree selezionate quindi per la rilevanza del rischio climatico, ma anche per criticità quali la scarsa accessibilità, la presenza di fattori/condizioni di degrado, e la bassa qualità degli spazi pubblici e delle aree verdi e la loro fruibilità per le fasce più vulnerabili della popolazione. Anche gli ulteriori approfondimenti analitici spaziali, funzionali e ambientali sono stati mirati a derivare criticità sia legate alla vulnerabilità climatica, sia di natura spaziale e tecnologica connesse a situazioni irrisolte rispetto ad alcuni rilevanti temi urbani; per orientare coerentemente la scelta verso siti significativi per sperimentare l'efficacia delle soluzioni di mitigazione e adattamento ma anche per un complessivo incremento della qualità urbana. Con particolare attenzione all'analisi delle caratteristiche degli spazi d'uso pubblico sotto i profili della qualità ambientale e fruitiva, del rapporto col costruito, della presenza di situazioni di degrado puntuale e/o diffuso, dello stato di manutenzione, dell'illuminazione e della sicurezza, etc.

Tenendo conto delle peculiarità locali, le diverse strutture, tipologie e componenti dell'ambiente costruito sono state quindi classificate in Componenti urbane chiaramente identificabili. Anche in questo caso la ricerca ha mirato alla individuazione di Ambiti urbani sufficientemente omogenei (unità minime di intervento, aventi carattere di relativa ricorsività nel contesto urbano) sotto il profilo dei limiti fisici, delle gerarchie dei tracciati viari, della densità del costruito, delle epoche di formazione storica, delle tipologie edilizie e delle relazioni tra spazi vuoti e costruiti.

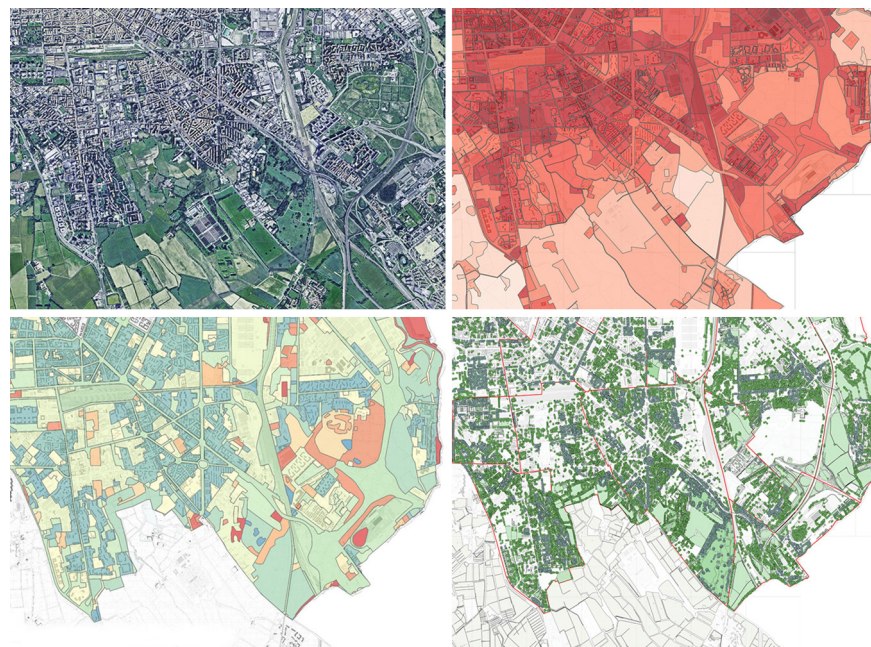


Fig. 2 - Analisi dell'area oggetto di sperimentazione: Mappa della temperatura della superficie del suolo, Carta dell'uso del suolo e Mappa della popolazione arborea / *Analysis of the experimentation area: Land surface temperature map, Land use map and Arboreal population map* (Source: Elaboration by Research Unit Politecnico di Milano).

of degradation factors/conditions, and the low quality of public spaces and green areas and their usability for the most vulnerable portions of the population. The additional spatial, functional and environmental analytical investigations were also aimed at deriving criticalities both linked to climatic vulnerability and of spatial and technological nature connected to unresolved situations with respect to some relevant urban issues. In order to coherently drive the choice towards significant sites to test the effectiveness of mitigation and adaptation solutions but also for an overall increase in urban quality. With particular attention to the analysis of the characteristics of the public use spaces in terms of environmental quality and fruition, the relationship with the buildings, the presence of situations of punctual and / or widespread degradation, the state of maintenance, lighting and security, etc.

Taking into account the local peculiarities, the different structures, types and components of the built environment have therefore been classified into clearly identifiable Urban components. Also in this case, the research aimed at identifying sufficiently Homogeneous urban areas (minimum units of intervention, having the character of relative recurrence in the urban context) in terms of physical limits, the hierarchies of road layouts, the density of buildings, the periods of historical formation, of building typologies and of the relationships between voids and built spaces.

2.2 METHODS, TOOLS AND INDICATORS FOR IDENTIFYING THE MAIN RISK AND CRITICAL ELEMENTS

The construction of the cognitive framework was based on methods functional to the characterization of criticalities and potentialities related to four main environmental macro-objectives: improvement of the urban climate and microclimate (contrast to the wave/urban heat island), improvement of the air quality (reduction of atmospheric pollutants), sustainable water management (limiting the risk of pluvial flooding), tackle climate change (reduction of CO₂ and CO₂e emissions).

These objectives were integrated by assessments of the potential of "green and blue" re-infrastructuring interventions of open spaces in a multifunctional key, for the improvement of accessibility to public and green spaces, the enhancement of structures and services for slow-mobility, the de-waterproofing of the soil and its return to collective usability, etc.

The activities required an accurate preliminary selection of indicators coherent with the research purposes and adapted to the characteristics of the contexts (Losasso et al., 2020). Indicators that identify the cultural context of climate-oriented

knowledge processes, giving scientific basis to the methodological approach and making the results verifiable even in the construction phase of the cognitive framework.

The analyzes relating to the “urban climate and microclimate” focused on the theme of the heat wave/island and on the evaluation of the main indices of perceived temperature, to identify the areas in which the highest temperatures are concentrated, considering factors such as urban morphology, the characteristics of the materials on the ground and the relative albedo and specific heat values, the absence of shading, green areas and trees, the wind speed, using environmental parameters such as: Sky View Factor SVF, Urban Aspect Ratio or Height to Width Ratio H/W, Air Temperature AT, Mean Radiant Temperature MRT, Wind Speed WS, Urban Heat Island UHI. Thermal modeling and simulations verified ordinary and extraordinary climatic conditions, through the application of outdoor well-being indices (Humidex Index, Predicted Mean Vote, Physiological Equivalent Temperature, Predicted Percentage of Dissatisfied, etc.). Specific in-depth studies concerned the precise evaluation of the building/open

2.2 METODI, STRUMENTI E INDICATORI PER L'INDIVIDUAZIONE DEI PRINCIPALI ELEMENTI DI RISCHIO E CRITICITÀ

La costruzione del quadro conoscitivo si è basata su metodiche di analisi funzionali alla caratterizzazione di criticità e potenzialità riferite a quattro principali macro-obiettivi ambientali: miglioramento del clima e del microclima urbano (contrasto all'onda/isola di calore urbana), miglioramento della qualità dell'aria (riduzione inquinanti atmosferici), gestione sostenibile delle acque (limitazione del rischio di *pluvial flooding*), contrasto al *climate change* (riduzione delle emissioni di CO₂ e CO₂eq).

Tali obiettivi sono stati integrati da valutazioni circa le potenzialità di interventi di re-infrastrutturazione “verde e blu” dello spazio aperto in chiave multifunzionale, per il miglioramento dell'accessibilità agli spazi pubblici e verdi, il potenziamento delle strutture e dei servizi per la mobilità dolce, la deimpermeabilizzazione del suolo e la sua restituzione alla fruibilità collettiva, etc.

Le attività hanno richiesto un attento processo preliminare di selezione di indicatori coerenti con le finalità della ricerca e adeguati alle caratteristiche dei contesti applicativi (Losasso et al., 2020). Indicatori che identificano il contesto culturale di processi di conoscenza *climate-oriented*, dando scientificità all'approccio metodologico e rendendo verificabili i risultati anche nella fase di costruzione del quadro conoscitivo.

Le analisi relative al “clima e microclima urbano” si sono focalizzate sul tema

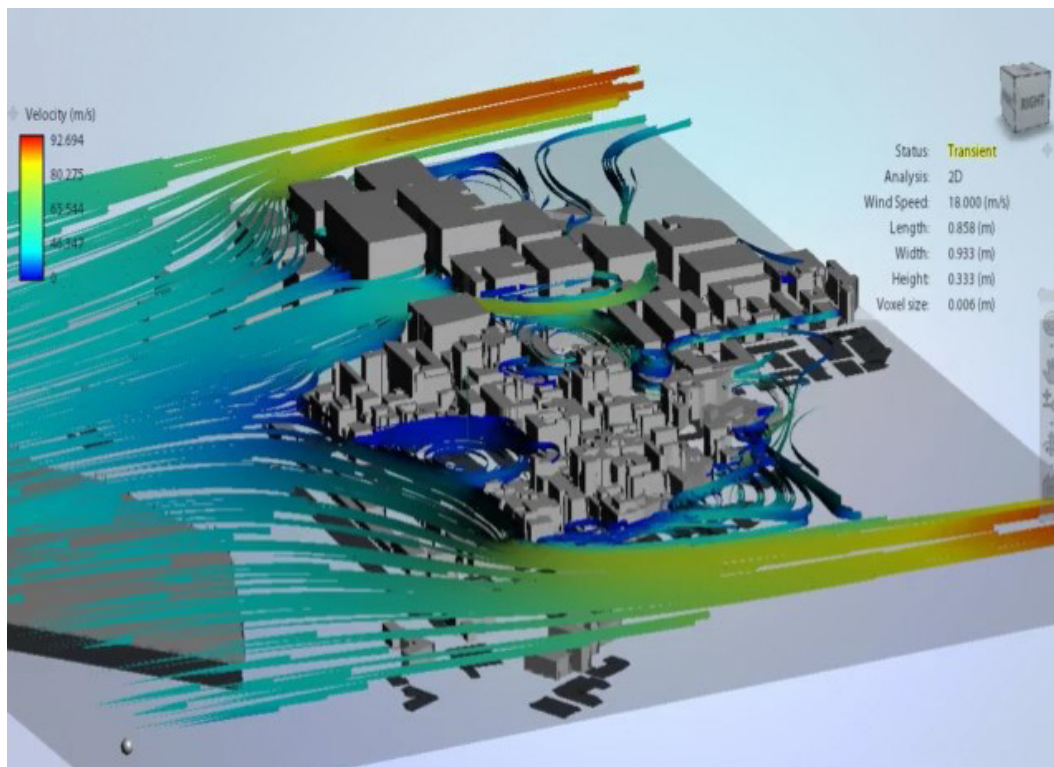


Fig. 3 - Analisi del vento nell'area oggetto di sperimentazione / *Wind analysis of the experimentation area* (Source: Elaboration by Research Unit Università degli Studi Mediterranea di Reggio Calabria).

dell'onda/isola di calore e sulla valutazione dei principali indici di temperatura percepita, per individuare gli ambiti nei quali si concentrano le temperature più elevate, considerando fattori quali la morfologia urbana, le caratteristiche dei materiali al suolo e i relativi valori di albedo e calore specifico, l'assenza di ombreggiamento, di aree verdi e di alberature, la velocità del vento, utilizzando parametri ambientali quali: *Sky View Factor SVF*, *Urban Aspect Ratio* o *Height to Width Ratio H/W*, *Air Temperature AT*, *Mean Radiant Temperature MRT*, *Wind Speed WS*, *Urban Heat Island UHI*. Le modellizzazioni e simulazioni termiche hanno verificato le condizioni climatiche ordinarie e straordinarie, attraverso l'applicazione di indici di benessere outdoor (*Humidex Index*, *Predicted Mean Vote*, *Physiological Equivalent Temperature*, *Predicted Percentage of Dissatisfied*, etc.). Specifici approfondimenti hanno riguardato la valutazione puntuale dell'interfaccia edificio/spazio aperto, con lo studio di aspetti quali la trasmittanza termica dinamica, il rapporto tra superficie opaca e trasparente, la riflettanza e l'albedo degli involucri edilizi, per il miglioramento delle prestazioni energetiche e anche per la valutazione del loro possibile impatto in termini di *discomfort* nello spazio pubblico urbano.

Le analisi relative alla "qualità dell'aria" sono state sviluppate elaborando i dati di inquinamento atmosferico (in genere su base decennale), misurando gli indicatori previsti dalla normativa nazionale (DLgs 155/2010) e riferiti alle quattro più importanti famiglie di inquinanti presenti in ambito urbano (PM_{10} , O_3 , NO_2 , SO_2),



Fig. 4 - Lettura idrologica e perimetrazione di aree drenanti: linee di deflusso (a), esempio di insieme di micro-bacini (b), fabbisogni di superficie di raccolta meteorica (c) / *Hydrological analysis and perimeter of draining areas: runoff lines (a), example of micro-basin ensemble (b), meteoric collecting surface requirements (c)* (Source: Elaboration by Research Unit Università degli Studi della Campania Luigi Vanvitelli).

space interface, with the study of aspects such as dynamic thermal transmittance, the relationship between opaque and transparent surfaces, reflectance and albedo of building envelopes, for the improvement of energy performance and also for the evaluation of their possible impact in terms of discomfort in the urban public space.

The analyzes relating to "air quality" were developed by processing atmospheric pollution data (generally on a ten-year basis), measuring the indicators required by national legislation (Legislative Decree 155/2010) and referring to the four most important families of pollutants present in the urban context (PM_{10} , O_3 , NO_2 , SO_2), in order to highlight the annual events of exceeding the threshold values set by the legislation (Air Quality Index AQI and Common Air Quality Index CAQI).

The complex problem of managing intense and/or prolonged "extreme meteorological events", and mitigating the impacts of "pluvial flooding" generated by runoff volumes exceeding the flow of drainage systems, was of great importance, in particular for some of the investigated contexts. With reference to the relationships between these phenomena and the characterization of the urban space, the correlation factors were mainly the degree of permeability/impermeability of the soils, the adequacy and efficiency of the drainage networks, the conformation of the soil (declivity), lacking treatment and reuse of the rainwater and wastewater.

When necessary, the analyzes were supported by digital terrain modeling (Digital Terrain Model DTM) able to synthetically return the plano-altimetric characteristics and at the same time to simulate scenarios for the assessment of flood risks useful for the optimization of rainwater management in an urban environment.

The analysis of the vegetation heritage was relevant in all research contexts (trees, shrubs, lawn areas) and of the related indicators. In fact, an in-depth analysis of the existing plant heritage, as well as of the parameters of the different species (morphology and physiology, ecological plasticity, phenology, growth rate, ecological-functional role), with an in-depth reading of the different conformations and localizations, allows to evaluate the generated benefits in terms of increase in biodiversity, shading, absorption of pollutants, reduction of CO_2 and CO_{2eq} , reduction of water runoff, as well as also in terms of production of ecosystem services.

In addition to the qualitative and quantitative aspects above pointed out, for some contexts assessments relating to the effective accessibility and usability of green areas have also been developed.

Finally, to complete the analytical framework, the activity carried out by some Research Units for the audit of the terri-

stories and urban contexts should be noted. An activity of debate and discussion that involved various stakeholders (local administrations, associations and citizens), useful for enriching the knowledge of the places and for bringing out the system of needs, the most critical issues, priorities and expectations in terms of improving the urban quality, also on the basis of the environmental hazards found.

2.3 FORMALIZATION AND KNOWLEDGE MANAGEMENT

The environmental analysis, the study of indicators, the identification of critical issues and optimal areas of intervention involves the management of a relevant and varied set of data and information whose processing and representation today can be based on particularly effective information tools in supporting the process of interpretation and of decision-making.

In this sense, knowledge of the context at various scales, which is expressed through dynamic formalization methods of aggregated data according to the investigated themes and the necessary levels of detail, constitutes at the same time an input and an output of the analytical and evaluative path.

Along this path, thematic maps, mappings, graphic processing, 2D and 3D modeling, modeling and simulation of scenarios are essential support tools, through which the collaboration of multiple knowledge, including specialized knowledge, finds effective syntheses not only to represent and communicate a cognitive formalized outcome, but also to guide further verifications, insights and design choices.

Although equipped with an rigorous scientific objectivity, these tools - and the information systems that support them - are neither aseptic nor indifferent to the purposes of their user, allowing analysts and designers to finalize their use with wide margins of creative freedom, also in the delicate transition from understanding a problem to its resolution in terms of decision and project.

This clearly emerges in the application cases further presented (Part II), where the analyzes and experiments conducted by the Research Units in the different contexts being studied and proposed, are documented with a large and significant panel of elaborations accompanying the text. In fact, it is very clear how, even within a common methodological path characterized by the use of substantially similar information, knowledge, indicators and processing tools, it is the site-specific peculiarities of the various fields that orient the research action towards the identification of priority themes and the consequent aggregation and formalization of information.

al fine di evidenziare gli eventi annuali di superamento dei valori soglia fissati dalla normativa (*Air Quality Index* AQI e *Common Air Quality Index* CAQI).

Grande rilevanza, in particolare per alcuni dei contesti indagati, ha rivestito la complessa problematica della gestione degli “eventi meteorologici estremi”, intensi e/o prolungati, e della mitigazione degli impatti del “*pluvial flooding*” generati da volumi di deflusso superficiale eccedenti la portata dei sistemi di drenaggio. Dal punto di vista delle relazioni tra tali fenomeni e la caratterizzazione dello spazio urbano, i fattori di correlazione sono stati principalmente il grado di permeabilità/impermeabilità dei suoli, l’adeguatezza e l’efficienza delle reti di drenaggio, la conformazione del suolo (pendenze), il mancato trattamento e riutilizzo delle acque meteoriche e reflue.

Quando necessario, le analisi sono state supportate da modellazioni digitali del terreno (*Digital Terrain Model* DTM) in grado di restituirne sinteticamente le caratteristiche plano-altimetriche e anche di simulare scenari per la valutazione di rischi alluvionali utili per l’ottimizzazione delle scelte di gestione delle acque meteoriche in ambiente urbano.

Di particolare rilevanza in tutti i contesti di ricerca è stata poi l’analisi del patrimonio vegetazionale (alberature, arbusti, superfici a prato) e dei relativi indicatori.

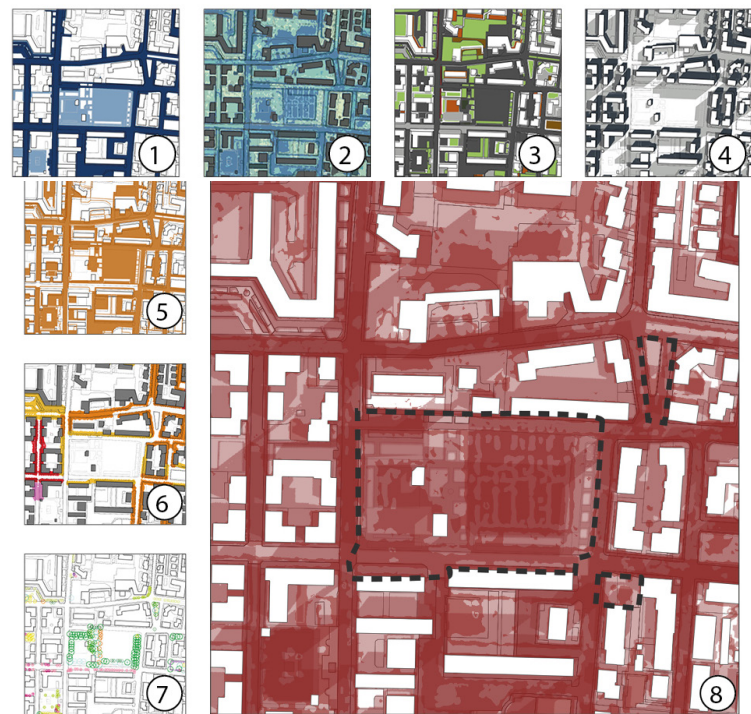


Fig. 5 - Organizzazione degli strati informativi per l’individuazione delle aree prioritarie di intervento *site-specific*: 1. runoff, 2. sky view factor, 3. albedo, 4. ombreggiamento, 5. calore specifico, 6. urban aspect ratio, 7. copertura arborea, 8. carta delle aree prioritarie / Organization of information layers for the identification of priority areas for site-specific intervention: 1. runoff, 2. sky view factor, 3. albedo, 4. shading, 5. specific heat, 6. urban aspect ratio, 7. tree cover, 8. map of priority areas (Source: Elaboration by Research Unit Università degli Studi di Firenze).

Infatti, una approfondita conoscenza del patrimonio vegetale esistente, nonché dei parametri che caratterizzano le diverse specie (morfologia e fisiologia, plasticità ecologica, fenologia, velocità di accrescimento, ruolo ecologico-funzionale), unitamente a una attenta lettura delle sue diverse conformazioni e localizzazioni, consente di valutare i benefici da questo apportati in termini incremento della biodiversità, di ombreggiamento, di assorbimento degli inquinanti, di riduzione della CO₂ e della CO₂eq, e di riduzione del deflusso delle acque, e quindi anche in termini di produzione di servizi ecosistemici.

Oltre gli aspetti quali-quantitativi sopraindicati, per alcuni contesti sono state sviluppate anche valutazioni relative alla effettiva accessibilità e fruibilità delle aree verdi.

A completamento del quadro analitico va infine segnalata l'attività svolta da alcune *Research Units* per l'*audit* dei territori e dei contesti urbani oggetto della ricerca; una attività di ascolto che ha coinvolto diversi *stakeholder* (Amministrazioni locali, associazioni e cittadini), utile ad arricchire la conoscenza dei luoghi e a far emergere il sistema delle esigenze, le maggiori criticità, le priorità e le attese in termini di miglioramento della qualità ambientale urbana, anche sulla base degli *hazard* ambientali riscontrati.

The methodological framework that supports the entire research relating to the main challenges of climate change and the inter-scalar configuration of the analysis model (from Macro-area, to Sub-areas and Districts, to Homogeneous units and to individual Areas of intervention of the demonstration projects) led to the identification of recurrent elaborations for the formalization of the cognitive frameworks that supported the first phases of the study.

A first level is related to the acquisition and processing of the cartography and historical sources, aimed at defining the evolution of the built heritage and understanding the transformative dynamics that have affected the investigated areas at different scales.

The fundamental settlement characteristics of the "Macro-area and Sub-areas" are represented through thematic readings, also in overlays, relating to the administrative boundaries, the perimeter of the study area, the degrees of urban centrali-



Fig. 6 - Ponticelli. Ipotesi ricostruttiva dell'occupazione del lotto nel sistema insediativo delle *domus* elementari / Ponticelli. *Reconstructive hypothesis of the occupation of the lot in the settlement system of the elementary domus* (Source: Elaboration by Sara Verde, thesis, 2019, Università degli Studi di Napoli Federico II).

ty and relevant places, as well as the occurred and scheduled transformations. The analysis of the environmental climatic matrices related to the morpho-typological characteristics of the urban structure are expressed in graphic elaborations that show, at the appropriate time scales (annual basis in the last decade), the information relating to the exceeding of the threshold values of atmospheric pollution, the rainfall and the number of acute rain events, the average summer daytime surface temperatures and the Humidex Index, also with modeling of Urban Heat Island.

Particularly effective are the overlay graphics that formalize the mapping of ecologically efficient green areas, the taxonomy of greenery, the provision of public urban green areas (also with comparisons - in percentage - between Sub-area, municipal territory and other Italian cities), the characteristics of the arboreal heritage and its location, the evaluation of the accessibility to green areas according to the buffer technique and on the basis of real journey times, with the identification of the most used routes.

With reference to the issue of pluvial flooding, in addition to the representation of the satellite data of Imperviousness Density on the drainage area, the elaborations that overlap the information of the topographic database classified by prevalent land uses on the digital model of the land are effective, with indications about the perimeter of the catchment area, the sub-basins, the urban drainage network, the hydrographic network, the meteoric runoff lines and the leaking areas, the extension of public areas and the meteoric collection needs (average/annual rainfall indexes; number of acute atmospheric events; intensity and duration of summer drought periods; number and frequency of pluvial floodings; degree of anthropization; permeability Index; Imperviousness Density IMD; runoff, overland flow, sewer flow; Reduction of Building Impact RIE; Biotope Area Factor BAF).

In addition to returning the overall cognitive picture, the mappings made it possible to finalize the analysis to identify and define the districts, and to describe their characteristics and their role in the wider urban context.

At the "District scale", the definition of georeferenced thematic maps allowed to deepen the knowledge of the specific characteristics of the district itself (layouts, time of construction, urban fabric system and building typologies, intended use of buildings, main components of the public space and service system, infrastructure for mobility and intensity of vehicular traffic).

The weather-climatic and environmental conditions and the related evolutionary trends are represented by thematic maps that consider aspects such as the characteristics of the impermeable surfaces (linear infrastructures, public and private

2.3 FORMALIZZAZIONE E GESTIONE DELLA CONOSCENZA

La analisi ambientali, lo studio degli indicatori, l'individuazione delle criticità e degli ambiti ottimali di intervento comporta la gestione di un rilevante complesso di dati e informazioni la cui elaborazione e rappresentazione si avvale oggi di strumenti informativi particolarmente efficaci nel supportare il processo interpretativo e decisionale.

In questo senso la conoscenza del contesto alle varie scale, che si esplicita attraverso modalità dinamiche di formalizzazione di dati aggregati in funzione dei tematismi indagati e dei necessari livelli di dettaglio, costituisce al tempo stesso un *input* e un *output* del percorso analitico e valutativo.

Lungo tale percorso, carte tematiche, mappature, elaborazioni grafiche, modellazioni 2D e 3D, modellizzazioni e simulazioni di scenari sono strumenti di supporto essenziali, attraverso i quali la collaborazione di molteplici saperi anche specialistici trova sintesi efficaci non solo per rappresentare e comunicare un esito conoscitivo formalizzato, ma anche per orientare ulteriori verifiche, approfondimenti e scelte progettuali.

Ancorché dotati di una rigorosa oggettività scientifica, tali strumenti - e i sistemi informativi che li supportano - sono tutt'altro che asettici e indifferenti alle intenzionalità del loro utilizzatore, consentendo ad analisti e progettisti di finalizzarne l'impiego con ampi margini di libertà creativa anche nell'operare poi il delicato passaggio dalla comprensione di un problema alla sua risoluzione in termini di decisione e progetto.

Ciò emerge con evidenza nei casi applicativi di seguito presentati (Parte II), dove le analisi e le sperimentazioni condotte dalle *Research Units* nei diversi contesti, sono documentate con un ampio e significativo *panel* di elaborazioni a corredo del testo. Si comprende infatti molto bene come, pur all'interno di un percorso metodologico comune caratterizzato dall'utilizzo di informazioni, conoscenze, indicatori e strumenti di elaborazione sostanzialmente analoghi, siano le peculiarità *site-specific* dei diversi ambiti a orientare l'azione di ricerca all'individuazione dei tematismi prioritari e alla conseguente aggregazione e formalizzazione delle informazioni.

L'impianto metodologico che sorregge la ricerca relativamente alle principali sfide del *climate change* e alla configurazione interscalare del modello di analisi (dalla Macroarea, alle Sub aree e ai Distretti, alle Unità omogenee e ai singoli Ambiti di intervento dei progetti dimostratori) ha portato a individuare delle elaborazioni ricorrenti per la formalizzazione dei quadri conoscitivi che hanno supportato le prime fasi dello studio.

Un primo livello è quello relativo alla acquisizione ed elaborazione della cartografia e delle fonti storiche, finalizzate alla ricostruzione della evoluzione del costruito e alla comprensione delle dinamiche trasformative che hanno interessato le aree oggetto di studio alle diverse scale.

I caratteri insediativi fondamentali della "Macroarea e delle Sub aree" sono restituiti attraverso letture tematiche, anche in *overlay*, relative ai confini amministrativi, alla perimetrazione dell'area di studio, ai gradi di centralità urbana e ai luoghi notevoli, nonché alle trasformazioni in atto e in programma. L'analisi delle matrici climatico ambientali relazionate ai caratteri morfo-tipologici dell'assetto urbano si esplicitano in elaborazioni grafiche che restituiscono, alle opportune scale temporali (base annua nell'ultimo decennio), le informazioni relative al superamento dei valori soglia di inquinamento atmosferico, alla piovosità e al numero di eventi piovosi acuti, alle temperature superficiali diurne medie estive e all'*Humidex Index*, anche con modellizzazioni dell'*Urban Heat Island*.

Particolarmente efficaci sono poi le restituzioni grafiche in *overlay* che formano la mappatura delle aree verdi ecologicamente efficienti, la tassonomia del verde, la dotazione di aree verdi urbane pubbliche (anche con confronti - in percentuale - tra Subarea, territorio comunale e altre città italiane), le caratteristiche del patrimonio arboreo e la sua localizzazione, la valutazione dell'accessibilità del verde secondo la tecnica del *buffer* e in base ai tempi reali di percorrenza, con l'identificazione dei percorsi più utilizzati.

Con riferimento alla tematica del *pluvial flooding*, oltre alla rappresentazione dei dati satellitari di *Imperviousness Density* sull'area drenante, efficaci sono le elaborazioni che sovrappongono al modello digitale del terreno le informazioni del *database* topografico classificato per usi prevalenti del suolo, con indicazioni circa il perimetro del bacino idrografico, i sottobacini, la rete di drenaggio urbano, il reticolo idrografico, le linee di deflusso meteorico e le aree colanti, l'estensione delle aree pubbliche e i fabbisogni di raccolta meteorica (indici di piovosità media/annuale; numerosità degli eventi atmosferici acuti; intensità e durata dei periodi di siccità estiva; numerosità e frequenza degli eventi *pluvial flooding*; grado di antropizzazione; *Permeability Index*; *Imperviousness Density* IMD; *runoff*, *overland flow*, *sewer flow*; Riduzione Impatto Edilizio RIE; *Biotopo Area Factor* BAF).

Oltre a restituire il quadro conoscitivo d'insieme, le mappe hanno consentito di finalizzare l'analisi all'individuazione e perimetrazione dei Distretti, e alla restituzione delle loro caratteristiche e del loro ruolo nel più ampio contesto urbano.

Alla "scala del Distretto", la produzione di carte tematiche georeferenziate ha consentito di approfondire la conoscenza dei caratteri specifici del Distretto stesso (tracciati, epoca di costruzione, sistema dei tessuti urbani e caratteri delle tipologie edilizie, destinazioni d'uso degli edifici, principali componenti dello spazio pubblico e sistema dei servizi, infrastrutture per la mobilità e intensità del traffico veicolare).

Le condizioni meteorologiche e ambientali e i relativi *trend* evolutivi sono rappresentati da mappe tematiche che considerano aspetti quali le caratteristiche delle superfici impermeabili (infrastrutture lineari, spazi pubblici e privati, spazi verdi pubblici e privati, coperture piane e inclinate impermeabili, suolo nudo), quantificate in termini di estensione, peso percentuale e relativo coefficiente di *runoff*; il patrimonio vegetazionale (rilievo e catalogazione botanica); la valutazione degli ombreggiamenti; l'andamento dei venti prevalenti; le temperature superficiali diurne medie estive. A queste informazioni si integrano le simulazioni relative all'irraggiamento a differenti temperature in relazione alle caratteristiche materiche del suolo, le elaborazioni che restituiscono in *overlay* gli *output* delle analisi relative alla temperatura atmosferica e alle temperature superficiali, agli indici di benessere PMV e PET, alla presenza di inquinanti atmosferici, alle missioni di CO₂, anche con simulazioni dei possibili effetti derivanti dall'attuazione delle previsioni pianificatorie. E, non da ultimo, le elaborazioni cartografiche finalizzate alla individuazione delle superfici potenzialmente impiegabili per la sperimentazione di *Low Impact Development of Best Management Practice* LID-BMP (pavimenti permeabili, sistemi di bioritenzione, tetti verdi).

Anche a questa scala la sovrapposizione di *layer* informativi tematici ha permesso di evidenziare il comportamento bioclimatico del Distretto e delle sue componenti in funzione di valori "critici" degli *hazard* considerati (onda/isola di calore, rischio da alluvioni e pericolo *flash flood*, grado di antropizzazione), orientando all'individuazione degli ambiti più vulnerabili e finalizzando quindi la scelta delle aree campione per lo sviluppo dei progetti.

spaces; public and private green spaces; flat and inclined waterproof roofs; bare soil), quantified in terms of extension, percentage weight and relative runoff coefficient; the structure for vegetation heritage (survey and botanical classification); the evaluation of the shadings; the trend of the prevailing winds; the average summer daytime surface temperatures. This information is supplemented by simulations of irradiation at different temperatures in relation to the material characteristics of the soil, the processing and modeling that overlay the outputs of the analyzes relating to atmospheric temperature and surface temperatures, the PMV and PET well-being indices, in the presence of atmospheric pollutants, to CO₂ emissions, also with simulations of the possible effects deriving from the implementation of planning forecasts. The last but not least, the cartographic elaborations aimed at identifying the surfaces potentially usable for the experimentation of Low Impact Development of Best Management Practice LID-BMP (permeable pavements, bio-retention systems, green roofs).

Also at this scale, the overlapping of thematic information layers allowed the highlighting of the bioclimatic behavior of the district and its components as a function of "critical" values of the considered hazards (wave/heat island, flooding risk and flash flood danger, degree of anthropization), orienting towards the identification of the most vulnerable areas and thus finalizing the choice of sample areas for the development of projects.

At the "scale of the demonstration projects", the level of analysis and representation has been further refined, including environmental on-site surveys, with a detailed survey of public functions and spaces and a detailed analysis of the characteristics of the project area. Elaborations in plan, section and axonometric give evidence of the typological characteristics of the building, the flows and energy consumption of specific urban surroundings, and characterize the structure and conditions of the vegetation heritage.

At this scale, the simulations of the main summer and winter bioclimatic behaviors of the urban space specified parameters such as the surface temperatures in the summer, the conditions of use and permeability of the soil, the values of the NDVI index, also with graphical elaborations that show the analysis of the morpho-typological subdivision intervals along some significant roads and the different geometries of the detected urban canyons. Among the indicators, the endowment of greenery (sqm/inhabitant) and trees (n/inhabitant); dimension; compactness; diversity; Normalized Difference Vegetation Index NDVI and Enhanced Vegetation Index EVI; Normalized Difference Water Index NDWI.

The multi-scalarity of the in-depth studies required a wide articulation of databases and software tools. On a large scale,

data geo-referencing tools were used to characterize and model the territory in its various components. The data processed comes from national geoportals and from the territorial information systems of regional and municipal administrations, as well as from European monitoring programs of the characteristics of the soils and the environment. Databases provided by higher institutes and national and regional agencies were also used. These sources have provided comprehensive, often up-to-date, high-precision support.

However, downscaling, the on-site survey and the modeling of environmental conditions were important to obtain reliable results and to then verify the impacts of the design choices. For the detailed elaborations, information systems were used for modeling the physical and microclimatic behavior of open spaces and buildings, integrated by software able to analyze and evaluate the performances of natural components in urban areas.

The transcalar adjustment of the tools to support the construction of cognitive frameworks and data processing represents a characteristic condition of environmental technological design, in which the consistency of the methodological approach is confirmed by the variation and diversified identification of the instrumentation at the site-specific conditions and to the objectives of the analysis and project.

Alla “scala dei progetti dimostratori” il livello di analisi e rappresentazione si è ulteriormente affinato, anche con rilievi ambientali sul campo, con una dettagliata ricognizione di funzioni e spazi di carattere pubblico e una puntuale analisi delle caratteristiche dell’ambito di progetto. Elaborazioni in pianta, in sezione e in assonometria restituiscono i caratteri tipologici dell’edificato, i flussi e i consumi energetici di specifici interni urbani, e caratterizzano assetto e condizioni del patrimonio vegetazionale.

A questa scala le simulazioni dei principali comportamenti bioclimatici estivi e invernali dello spazio urbano hanno consentito di specificare parametri quali le temperature superficiali nel periodo estivo, le condizioni d’uso e di permeabilità del suolo, i valori dell’indice NDVI, anche con elaborazioni grafiche che restituiscono l’analisi degli intervalli di suddivisione morfo-tipologica lungo alcune aste significative e le differenti geometrie dei *canyon* urbani rilevati. Tra gli indicatori, la dotazione di verde (mq/ab) e alberi (n/ab); dimensione; compattezza; diversità; *Normalized Difference Vegetation Index* NDVI ed *Enhanced Vegetation Index* EVI; *Normalized Difference Water Index* NDWI.

La multi-scalarità degli approfondimenti ha richiesto un’ampia articolazione di basi-dati e di strumenti *software*. Alla grande scala sono stati usati strumenti di georeferenziazione dei dati per caratterizzare e modellizzare il territorio nelle sue diverse componenti. I dati elaborati derivano da Geoportali nazionali e dai Sistemi informativi territoriali delle Amministrazioni regionali e comunali, oltre che da programmi europei di monitoraggio delle caratteristiche dei suoli e dell’ambiente. Sono state utilizzate anche banche dati fornite da Istituti superiori e da Agenzie nazionali e regionali. Tali fonti hanno fornito un supporto completo, spesso aggiornato e di elevata precisione.

Tuttavia, scendendo di scala, sono stati importanti il rilevamento in sito e la modellizzazione delle condizioni ambientali, per ottenere risultati attendibili e per poi verificare gli impatti delle scelte progettuali. Per le elaborazioni di maggior dettaglio sono stati quindi utilizzati sistemi informativi di modellazione del comportamento fisico e microclimatico di spazi aperti e edifici, integrati da *software* in grado di sviluppare analisi e valutazioni delle prestazioni delle componenti naturali in ambito urbano.

L’adeguamento transcalare degli strumenti a supporto della costruzione dei quadri conoscitivi e dell’elaborazione dei dati rappresenta una condizione caratteristica della progettazione tecnologica ambientale, nella quale la coerenza dell’approccio metodologico si declina nella variazione e nella diversificata individuazione della strumentazione alle condizioni *site-specific* e agli obiettivi di analisi e progetto.

References

- Dierna, S. (1995), “Tecnologie del progetto ambientale. Per una trasformazione sostenibile degli assetti insediativi”, in Sala, M. (ed), *Florence International Conference for Teachers of Architecture*, Proceedings, Alinea, Firenze.
- Losasso, M., Lucarelli, M.T., Rigillo, M. & Valente, R. (eds) (2020), *Adattarsi al clima che cambia. Innovare la conoscenza per il progetto ambientale / Adapting to the Changing Climate. Knowledge Innovation for Environmental Design*, Maggioli, Santarcangelo di Romagna.
- Sholz, R.W. & Tietje, O. (2002), *Embedded case study methods. Integrating quantitative and qualitative knowledge*, Sage Publications, Thousand Oaks.

3. Repertori tecnici come strumenti per il progetto climate-proof *Technical Repertoires as Tools for the Climate-Proof Project*

Renata Valente

Università degli Studi della Campania Luigi Vanvitelli

3.1 RISORSE PER IL TRASFERIMENTO E LA CONSULTAZIONE

La complessità strutturale della conoscenza tecnica contemporanea, quantunque fondata su di una aggiornata concezione sistemica, si avvale opportunamente anche di uno strumento tradizionale qual è il repertorio, definito come «insieme delle risorse disponibili o assortimento, elenco, registro di notizie e informazioni varie di facile consultazione». L'etimologia del termine fa riferimento al concetto di “reperire”, cioè trovare sia differenti casi di una specie, sia diversità di possibili criteri di organizzazioni interne. Per la costruzione di repertori di soluzioni progettuali *climate-proof* la ricerca condotta ha indicato come le prime distinzioni necessarie riguardino sia il tipo di *hazard*, sia le ricorrenze previste e/o registrate degli eventi estremi, sia le caratteristiche dei luoghi considerati. Si intrecciano pertanto analisi interdisciplinari dalla meteorologia allo studio del territorio alle varie scale, correlando studi su spazi, tempi e reciproche relazioni. Si verifica così che registi atopici legati a risponderie tecniche, quali le ampiezze stradali, la capienza di volumi, la reattività di materiali e superfici, le caratteristiche di specie vegetali, le funzionalità di componenti costruttivi, si possano ulteriormente inserire in un sistema più articolato, concepito per specifiche categorie di condizioni, anche dinamiche, fornendo indicazioni avanzate di progetto riscontrabili in regolamenti tecnici locali e linee guida di Amministrazioni illuminate. Le ricerche prodotte hanno mostrato anche come la costruzione di un repertorio di soluzioni tecniche consenta di verificare gli effetti delle trasformazioni proposte attraverso l'uso di indicatori di prestazione alle diverse scale, dai piani di adattamento sino ai progetti di trasformazioni di dettaglio, correlando alle scelte tecnologiche i *range* dei risultati nei servizi ecosistemici prestati.

In questa occasione di ricerca si possono distinguere due polarità di approccio metodologico nella riflessione sui criteri di organizzazione dei repertori di soluzioni progettuali *climate-proof*: da una parte, il procedimento che da un regesto generale di casi studio opportunamente individuati deduce una raccolta di risposte tecniche, dalla quale scaturisce ulteriore catalogo per il modello locale; dall'altra parte la scelta di un'importazione selettiva dai *toolkit* e *handbook* di casi studio internazionali per costruire cataloghi “editorializzati” rispetto ai contesti e ai relativi insiemi correlati.

3.2 REPERTORI SVILUPPATI DA CASI STUDIO

Parte delle raccolte esistenti di soluzioni per il progetto *climate proof* si riferisce a catalogazioni di buone pratiche operative da cui dedurre schemi di soluzioni adottate. Oppla (<https://oppla.eu>), ad esempio, è l'archivio UE pensato per un mercato

3.1 RESOURCES FOR TRANSFER AND CONSULTATION

The structural complexity of contemporary technical knowledge, although based on an updated systemic conception, uses also the traditional tool of the repertory, defined as «a set of available resources or assortment, list, register of various information easy to consult». The etymology of the term refers to the concept of finding both different cases of a species and possible criteria of internal organisations. To set repertoires of climate-proof design solutions, the first distinctions concern the type of hazard, the expected and/or recorded recurrences of extreme events, and the characteristics of considered sites. Interdisciplinary analyses therefore intertwine meteorology and the study of the territory, correlating readings on spaces, times, and reciprocal relations. Atopic catalogues linked to technical responses, such as road widths, volume capacity, reactivity of materials and surfaces, characteristics of plant species, functionality of construction components, can be further composed in articulated systems available in local technical regulations and guidelines from illuminated administrations. The research also showed how technical solutions repertoires allow to verify the effects of the transformations by using performance indicators at different scales, relating the results in the provided ecosystem services to technological choices.

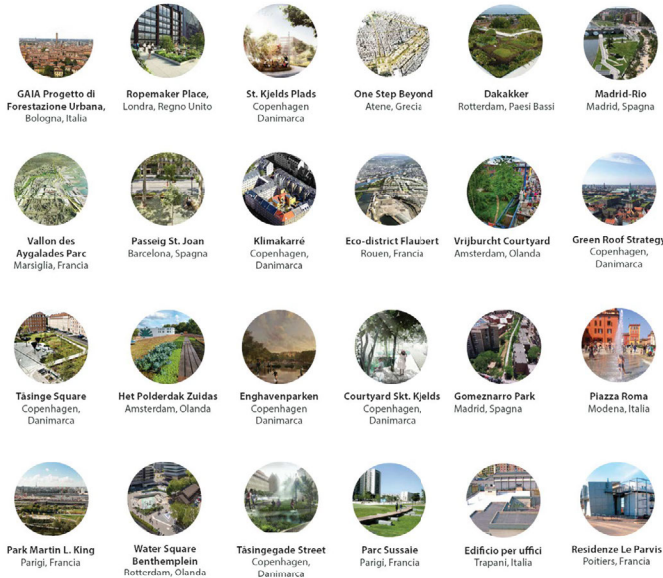
In this research, two polarities of methodological approach can be distinguished about the organization criteria of the repertoires of climate-proof project solutions. On the one hand, there is the procedure identifying in a general repository of suitable case studies a collection of technical answers, from which further catalogues for the local model emerge; on the other hand, a selective import from toolkits and handbooks of international case studies creates “editorialized” catalogues.

3.2 REPERTORIES DEVELOPED FROM CASE STUDIES

Part of the existing collections of solutions for the climate proof project refers to catalogues of good operational practices

Repertorio di soluzioni e strategie di adattamento

Best practices

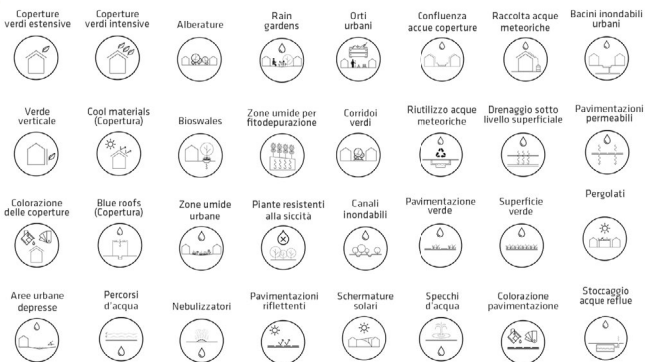


Repertorio degli ambiti urbani dello spazio pubblico

Ambiti urbani



Soluzioni tecnologiche spaziali



Tipi ricorrenti

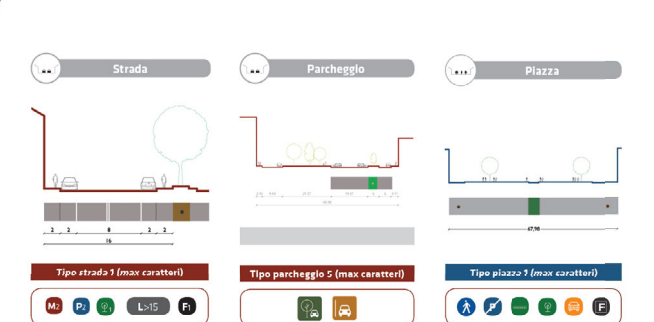


Fig. 1 - Repertorio di soluzioni e strategie di adattamento desunte da casi studio europei con repertorio degli ambiti urbani dello spazio pubblico desunti dal distretto di indagine / *Repertory of solutions and adaptation strategies from european best practices with repertory of urban areas of public space from the analysed district* (Source: Università degli Studi di Firenze, DIDA Dipartimento di Architettura, 2020).

della conoscenza, che raccoglie le ultime riflessioni su capitale naturale, servizi ecosistemici e *nature-based solutions* (NBS). Piattaforma aperta progettata per interessi diversi (scienza, politica, pratica, settori pubblico, privato e volontariato) è ricca di risorse che tuttavia non comprendono un repertorio tecnico. Anche l'obiettivo principale dell'iniziativa *ThinkNature* (Somarakis et al., 2019) è raccogliere e promuovere la conoscenza dello stato dell'arte sulle *nature-based solutions* e gli attori coinvolti, investigandone gli aspetti dallo sviluppo di progetto e di prodotto a quelli finanziari e strategici. Tuttavia, il contributo offerto riguarda solo una proposta generale di classificazione in base al livello e al tipo di ingegneria, alla visione ecosistemica, alla problematica da risolvere o ai servizi ecosistemici forniti.

Pertanto, nel produrre contributi molto utili per il settore di studio, la *Research Unit* dell'Università di Firenze ha elaborato due repertori strettamente correlati e consequenziali, relativi uno alla fase conoscitiva e tassonomica e un altro alla sperimentazione progettuale. Analizzando strategie di contrasto agli effetti del *climate change* in piani di adattamento europei¹, il primo repertorio desume da casi studio riconosciuti come *best practices* una serie di soluzioni spaziali/tipologiche e tecnologiche, oltre a strumenti operativi per l'adattamento agli effetti dei fenomeni di *urban heat island* e *pluvial flooding*.

Per i casi studio considerati, individuati in base al riconoscimento attribuito da organismi internazionali nell'ambito del *Climate Change Adaptation*² e alla valutazione degli esiti e dei risultati scientifici, sono stati analizzati gli aspetti relativi ai picchi di piovge e di calore, oltre che a venti estremi e aridità. Le informazioni relative ai caratteri dell'adattamento evidenziano: “dispositivi di processo” per la progettazione e realizzazione dell'intervento; “dispositivi tipologici” che comprendono gli spazi pubblici e privati sia costruiti che aperti; “dispositivi tecnologici” con gli elementi tecnici impiegati in relazione agli *hazards* climatici affrontati, elementi funzionali a un repertorio di soluzioni tecnologico-spaziali aperto a implementazioni. Quattro sono gli ambiti di applicazione delle soluzioni: sistema edificio, sistema spazio aperto, sistema del verde e sistema delle acque, individuando compatibilità tra soluzioni tecnologico-spaziali e tipologie di spazi urbani (piazza, strada, corte, giardino, parcheggio). Ulteriore livello interpretativo ha riguardato le criticità climatiche esaminate, sviluppando una riflessione sulla relazione tra le soluzioni tecnologiche adattive e i parametri caratterizzanti. Per le soluzioni tecnologico-spaziali desunte sono stati individuati principi caratteristici che ne descrivono le proprietà fisiche e tecniche per orientare le strategie di intervento e le azioni specifiche verso le soluzioni più efficaci (Fig. 1).

Un secondo repertorio preparato dalla *Research Unit* di Firenze studia soluzioni tecniche conformi definendo priorità e logiche *context* e *site-specific*, con una lettura sistematica delle caratteristiche dello spazio pubblico in *step* progressivi: 1) individuazione delle tipologie di spazi, 2) analisi degli elementi caratterizzanti, 3) identificazione delle variabili spaziali all'interno di ciascuna tipologia, 4) sele-

1 Chicago Climate Action Plan, London Climate Change Adaptation Strategy, Copenhagen Climate Change Adaptation Plan, Rotterdam Climate Change Adaptation Strategy.

2 I casi di studio sono selezionati da piattaforme internazionali che si occupano specificatamente di *Climate Change* tra cui Urban Climate Change Research Network (UCCRN), Cities Climate Leadership Group (C40), Rockefeller Foundation 100 Resilient cities e principalmente dalla Climate Adapt della European Environment Agency (EEA).

to deduce schemes of adopted solutions. Oppla (<https://oppla.eu/>), for example, is the EU archive designed for a knowledge market, collecting the latest reflections on natural capital, ecosystem services and nature-based solutions (NBS). The open platform designed for different interests (science, politics, practice, public, private and voluntary sectors) does not include a technical repertoire in its resources. Also the main objective of the *ThinkNature* initiative (Somarakis et al., 2019) is to collect and promote knowledge of the state of the art about nature-based solutions and the involved actors, investigating different aspects. However, the offered contribution concerns only a general proposal for classification according to the level of engineering, the ecosystem vision, the problem to be solved or the ecosystem services provided.

Therefore, in producing very useful contributions for the field of study, the *Research Unit* of the University of Florence developed two consequential repertoires, one related to the cognitive and taxonomic phase and another to design experimentation. By analysing strategies to counteract the effects of climate change in European adaptation plans¹, the first repertoire derives from best practices a series of spatial/typological and technological solutions, as well as operational tools for adaptation to the effects of urban heat island and pluvial flooding.

For the considered case studies, identified on the basis of the recognition given by international bodies in the context of *Climate Change Adaptation*² and the evaluation of scientific results and outcomes, aspects relating to rainfall and heat peaks, as well as extreme winds and aridity, were analysed. The information related to the adaptation characters highlight: “process devices” for the design and implementation of the intervention; “typological devices” including both built and open public or private spaces; “technological devices” with the technical elements used in relation to the climate hazards addressed. There are four application areas of the solutions: building system, open space system, green space system and water system, identifying compatibility between technological-space solutions and types of urban spaces (square, street, courtyard, garden, parking).

1 Chicago Climate Action Plan, London Climate Change Adaptation Strategy, Copenhagen Climate Change Adaptation Plan, Rotterdam Climate Change Adaptation Strategy.

2 The case studies are selected by international platforms specifically dealing with Climate Change including Urban Climate Change Research Network (UCCRN), Cities Climate Leadership Group (C40), Rockefeller Foundation 100 Resilient cities and mainly by the Climate Adapt of the European Environment Agency (EEA).

A further level of interpretation concerned the climatic criticalities, on the relationship between adaptive technological solutions and characterising parameters. For the inferred technological-spatial solutions, distinctive principles were described by their physical and technical properties to orient intervention strategies and actions towards the most effective solutions (Fig. 1).

A second repertory prepared by the Florence Research Unit studies compliant technical solutions by defining priorities and context and site-specific logics, with a systematic reading of the characteristics of public space in progressive steps: 1) identification of the types of spaces, 2) analysis of the characterising elements, 3) identification of the spatial variables within each type, 4) selection of the applicable technical solutions. In the five types of recurring public contexts, the spaces have been analysed on the presence or absence of building fronts, plant elements or furnishings and the main dimensions. Having identified repeated subtypes, different technological devices were matched to each one to improve its climatic performance. This wide range of solutions applicable in different situations allows municipalities to integrate interventions on public space with climate adaptation practices³.

3.3 TOOLKITS & HANDBOOKS FOR INTEGRATED SUSTAINABLE SOLUTIONS

In the last twenty years the evolution of the culture of sustainable rainwater management led to the production of manuals and tools for the design, implementation, and monitoring of urban scale experiments. Among the best known examples is the Urban Design Tools Website⁴, which provides tools and techniques developed through a cooperative assistance agreement under the US EPA Office of Water 104b(3) programme for low impact development (LID) in water protection programmes.

The International Stormwater Best Management Practices (BMP) project (www.bmpdatabase.org) also presents an extensive performance analysis database and tools to be used to provide up-to-date scientific information. The project, started in 1996 with a cooperation agreement between the American Society of Civil Engineers (ASCE) and the US Environmental Protection Agency (USEPA), since 2004 includes a coalition of partners from the Water Research Foundation (WRF), the Federal Highway Administration (FHWA), the American Public Works Association (APWA) and the Environmental and Water

³ From the internal report of the Research Unit of the University of Florence (2020).

⁴ <http://www.lid-stormwater.net/>.

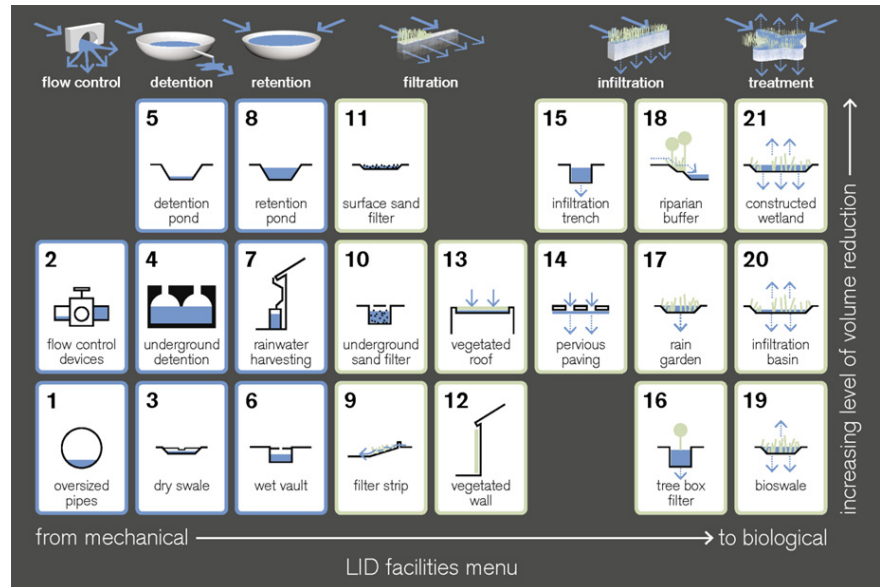


Fig. 2 - University of Arkansas Community Design Center, 2010, Abaco dei dispositivi in base al livello crescente della funzione di trattamento (qualità) e della riduzione del volume (quantità): nel tipo 1 i dispositivi di controllo del flusso offrono la minor quantità di trattamento mentre nel tipo 21 la maggiore / University of Arkansas Community Design Center, 2010, Facilities organization based on increasing level of treatment service (quality) as well as increasing level of volume reduction (quantity): number one (1) offers the least amount of treatment services while number twenty-one (21) offers the most (Source: University of Arkansas Community Design Center).

| | High-Volume Pedestrian | Civic / Ceremonial | Walkable Commercial Corridor | Urban Arterial | Auto-Oriented Commercial / Industrial | Park Road | Scenic Drive | City Neighborhood Street | Low Density Residential | Strained Narrow | Local |
|---------------------------------|------------------------|--------------------|------------------------------|----------------|---------------------------------------|-----------|--------------|--------------------------|-------------------------|-----------------|-------|
| Stormwater Bump-out | | | | | | | | | | | |
| Midblock | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| Corner | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| Stormwater Tree Trench | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| Stormwater Tree | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| Planter | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| Permeable Pavement | ● | ●* | ●* | ●* | ●* | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| Green Gutter | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| Stormwater Drainage Well | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● |

* Treatment is appropriate for use within pedestrian, bicycle, parking, and shoulder areas only

● Recommended ● Possible, but there is probably a better choice ● Not recommended

Fig. 3 - SMP Suitability Matrix (Source: City of Philadelphia, 2014).

zione delle soluzioni tecniche migliorative applicabili. Nelle cinque tipologie di spazi pubblici ricorrenti sono stati analizzati quelli appartenenti a ciascuna di esse, sulla base della presenza o meno di fronti edilizi, elementi vegetali o arredo e delle principali caratteristiche dimensionali. Avendo individuato sottotipi più o meno ricorrenti, a ognuno sono stati fatti corrispondere diversi dispositivi tecnologici per migliorarne le prestazioni climatiche. Tale ampia casistica di soluzioni applicabili in diverse situazioni consente alle Amministrazioni comunali di integrare gli interventi sullo spazio pubblico con prassi di adattamento climatico³.

3.3 TOOLKITS & HANDBOOKS PER SOLUZIONI SOSTENIBILI INTEGRATE

L'evolversi negli ultimi vent'anni della cultura della gestione sostenibile delle acque meteoriche ha dato luogo alla produzione di manuali e strumenti destinati alla progettazione, alla realizzazione e al monitoraggio di esperimenti a scala urbana. Tra gli esempi più noti l'*Urban Design Tools Website*⁴, che fornisce strumenti e tecniche utilizzabili, sviluppato tramite un accordo di assistenza cooperativa nell'ambito del programma *US EPA Office of Water 104b(3)* per lo sviluppo a basso impatto (LID) nei programmi di protezione delle risorse idriche. Anche il progetto *International Stormwater Best Management Practices* (BMP) (www.bmpdatabase.org), presenta un vasto *database* di analisi delle prestazioni e strumenti da utilizzare, per fornire informazioni scientifiche aggiornate. Il progetto, iniziato nel 1996 con un accordo di cooperazione tra l'American Society of Civil Engineers (ASCE) e la US Environmental Protection Agency (USEPA), dal 2004 comprende una coalizione di partner con la Water Research Foundation (WRF), la Federal Highway Administration (FHWA), l'American Public Works Association (APWA) e l'Environmental and Water Resources Institute (EWRI) di ASCE. Vasti archivi di soluzioni tecniche si ritrovano soprattutto nei manuali e nei *toolkit* offerti dalle Municipalità di molte città nordamericane, da Amministrazioni locali e federali, Associazioni, Enti. Dallo studio critico di tali strumenti, la *Research Unit* dell'Università degli Studi della Campania Luigi Vanvitelli ha condotto dapprima una ricognizione teorica delle scelte operate nei vari contesti e degli esiti registrati. Il confronto tra condizioni climatiche e soluzioni tecniche adottate in nove città nordamericane (Valente, 2017) (Fig. 4) indica la distribuzione dei tipi di dispositivi più frequentemente usati, anche in relazione alle varie condizioni climatiche e ai differenti sistemi dei sottoservizi. Ulteriore esito del riscontro sono i criteri di adeguatezza delle varie soluzioni studiate da ciascuna città per le diverse condizioni interne di insediamento. Philadelphia offre la matrice di idoneità dei dispositivi per diversi tipi di strade (City of Philadelphia, 2014) (Fig. 3), mentre San Francisco segnala gli apparati adatti a sette diversi tipi di insediamento, dal residenziale, all'industriale, alle nuove parcelle, ai moli (City of San Francisco, 2016). La diversità delle linee guida pubblicate si riflette anche nei dipartimenti amministrativi che le producono: a Boston come parte del piano delle *Complete Streets*, nel piano delle *Green Streets* di Philadelphia, a Portland e San Francisco nei piani di gestione delle acque meteoriche, ma ogni volta come frutto di collaborazioni virtuose.

3 Dal *report* interno della *Research Unit* dell'Università di Firenze (2020).

4 <http://www.lid-stormwater.net/>

Resources Institute (EWRI) of ASCE. Extensive archives of technical solutions can be found mainly in the manuals and toolkits offered by the municipalities of many North American cities, local and federal administrations, associations, agencies. From the critical study of these tools, the Research Unit of the University of Campania Luigi Vanvitelli first conducted a theoretical reconnaissance of the choices made in the various contexts and the recorded results.

The comparison between climatic conditions and technical solutions adopted in nine North American cities (Valente, 2017) (Fig. 4) indicates the distribution of the most frequently used devices, also in relation to the climatic conditions and the different subservices systems. Further results of the feedback are the criteria of adequacy of the various solutions studied by each town for the different settlement conditions. Philadelphia offers the suitability matrix of the devices for different types of roads (City of Philadelphia, 2014) (Fig. 3), while San Francisco reports those suitable for seven different types of settlements (City of San Francisco, 2016). The diversity of the guidelines published is also reflected in the city departments producing them: in Boston as part of the Complete Streets plan, in the Green Streets plan in Philadelphia, in Portland and San Francisco in the rainwater management plans, but always as the result of fruitful collaborations.

Based on these studies and shared technical formats, the research of the University of Campania focused on the design of high-performance technical solutions to build a green street framework for marginal Mediterranean urban areas, to provide more ecosystem and social services starting from the sustainable management of rainwater. In adapting the imported schemes to the most recurrent morphological characteristics of the pilot study, structures with different uses depending on weather and seasonal conditions are proposed, improving the public urban landscape quality through a systemic reorganization.

A new typology of devices was generated by a process of "editorialisation". Several different functions continuously update the performance of components, studying the replicability in areas with similar characteristics.

The solutions set composes an abacus with the typology of technical solutions distinguished by urban centrality indexes, with the quantity and quality of complementary equipment.

The scheme comes from the GIS project of the general framework constantly updated in a responsive data exchange, also to check the oscillation of the values of the performance indicators chosen in the research and verify the results.

The applicability of the solutions is tested on the cross sections and the availability of publicly owned convertible surfaces.

| | Los Angeles, CA Csa | Portland, OR Csb | S. Francisco, CA Csc | Seattle, WA Csb | Boston, MA Cfa | Philadelphia, PA Cfa | Washington, DC Cfa | Chicago, IL Dfa | Toronto, Canada Dfb |
|---------------------------|---------------------------|------------------------|----------------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------------|--------------------------|-----------------------|---------------------------|
| % of separate sewer | 100 | 60 | 0 | 33 | 0 | 33 | 66 | 0 | 77 |
| Stormwater Planter | ○ Inf/Flow Thr. | ○ | ○ Bioretention Pl. | | ○ Planter Box | ○ | ○ | | ○ |
| Permeable Pavement | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| Stormwater Bumpout | ○ Curb Extension | ○ Curb Extension | ○ B. Pl. Curb Cut | ○ Roadside Bior. | | ○ | ○ Roadside Bior. | | ○ |
| Green Gutter | | ○ Filter Strips | ○ | | ○ Veg. Filter Str. | ○ | | | ○ |
| Stormwater Tree | ○ Canopy Tree | ○ Tree Credits | ○ | ○ | ○ Tree Box Filter | ○ | ○ | | ○ |
| Stormwater Tree Trench | ○ Curb Inlet | | | | | ○ | ○ Bior. Step Out | | ○ |
| Bioswale | ○ | ○ | ○ | ○ Biofiltration | ○ Dry W. Qual. S. | | ○ | | ○ |
| Rain Garden | ○ Infil. Trench | ○ | ○ | ○ | ○ Bior. Areas | | ○ Bior. Areas | ○ | ○ |
| Pond | | ○ | | | | | | ○ | |
| Constructed Wetland | | | ○ | | ○ | | | | |
| Green Roof | | ○ | ○ | ○ | ○ | | | ○ | |
| Drainage Well | | ○ | ○ | | ○ | ○ | | | ○ |
| Stormwater Barrel/cistern | | ○ RW Harvest | ○ | ○ | ○ | | | ○ | ○ |
| Downspout discharge | | ○ | ○ | | | | | ○ | |
| Urban Forest Canopy | | | | | | | | | ○ |
| Ecopassages | | | | | | | | | ○ |
| Green Walls | | | | | | | | | ○ |

Climate

Dfa/Dfb
Cfa
Csa/Csb/Csc

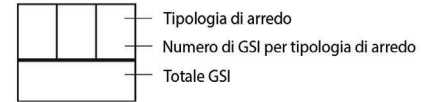
Rain

537/785 mm/year
918/1001 mm/year
1002/1122 mm/year

Fig. 4 - Confronto tra condizioni climatiche e soluzioni tecniche adottate in nove città nordamericane / Comparison between climate conditions and technical solutions in considered nine North American towns (Source: Elaboration by Renata Valente, 2017).

| Tipo GSI GSI Type | Conformazione Conformation | Indice di centralità urbana / Urban centrality index | | | Indice di centralità urbana / Urban centrality index | | | Indice di centralità urbana / Urban centrality index | | | Indice di centralità urbana / Urban centrality index | | | | | | |
|--|-------------------------------|---|--|----------|---|--|----------|---|--|---------|---|---------|----------|----------|--|--|----------|
| | | 1 | | | 2 | | | 3 | | | 4 | | | 5 | | | |
| Planter | | | | | | | | B1 1 | | B3 1 | | B1 7 | | B3 2 | | | |
| | | 1 | | | 4 | | | 2 | | | 9 | | | 6 | | | |
| Planter con ponte Planter with bridge | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 3 | | | 2 | | | | | | | | | | | | |
| Planter Ibrido Hybrid Planter | | | | | | | | | | B3 1 | | | | B3 2 | | | |
| | | | | | | | | 1 | | | 2 | | | | | | |
| Tree Trench | | B1 1 | | | B1 2 | | | B1 1 | | | B1 1 | | | B1 1 | | | |
| | | 1 | | | 2 | | | 1 | | | 1 | | | 1 | | | |
| Tree Pit | | | | | | | | | | | B1 20 | | | B1 22 | | | |
| | | | | | | | | | | | 20 | | | 22 | | | |
| Bump Out | | | | B3 10 | B1 10 | | B3 12 | | | B3 7 | B1 11 | B2 2 | B3 15 | | | | B3 15 |
| | | 11 | | | 22 | | | 7 | | | 28 | | | 15 | | | |
| Swale | | B1 2 | | | B1 4 | | | | | | | | | | | | |
| | | 2 | | | 4 | | | 1 | | | 5 | | | 2 | | | |

Fig. 5 - Abaco delle soluzioni tecniche / *Abacus of the technical solutions* (Source: Elaboration by Research Unit Università degli Studi della Campania Luigi Vanvitelli, 2020).



Sulla base di tali studi e format tecnici condivisi, la ricerca dell'Università della Campania ha puntato alla progettazione di soluzioni tecniche performanti che concorrano a costruire un *framework* di *green street* per le aree urbane mediterranee di margine, per fornire più servizi ecosistemici e sociali a partire dalla gestione sostenibile delle acque meteoriche. Nell'adeguare gli schemi importati alle più ricorrenti caratteristiche morfologiche ed essenziali dello studio esemplificativo, si propongono strutture con usi diversificati a seconda delle condizioni meteorologiche e stagionali, migliorando la qualità del paesaggio urbano attraverso una riorganizzazione sistemica dello spazio pubblico. Generata una nuova tipologia di dispositivi, si è spinto il processo di "editorializzazione", interpretazione del tema in chiave contestualizzata pur se tipologica. La catalizzazione di più funzioni diverse consente di aggiornare continuamente le prestazioni dei componenti e dei sistemi, studiandone la possibilità di replicazione in zone dalle caratteristiche analoghe. L'insieme delle soluzioni compone un abaco con la tipologia di soluzioni tecniche distinte per indici di centralità urbana, nel quale si raccolgono anche quantità e qualità degli elementi complementari di arredo e attrezzatura. Lo schema scaturisce direttamente dal progetto GIS del *framework* generale a cui si riferisce e dal quale è costantemente aggiornato in uno scambio responsivo di dati. Tra questi vi è il controllo dell'oscillazione dei valori degli indicatori di prestazione scelti nella ricerca, per verificare gli esiti. L'applicabilità delle soluzioni è controllata in funzio-

The interscalar tool is therefore part of a system that solicits spaces for critical reworking of the proposed prototypes. The approach is linked to the theories by Donald A. Schön, who in 1983 underlined the importance of the designer's personal repertoire in "reflection in action", referring to the "research/action" defined by Lewin in 1946, antithetic to traditional codification.

In the question of the epistemology of practice, opposing reflexive rationality to technical rationality, the repertoire was defined as a set of "examples, images, understandings and actions" available through experience.

Recognizing the uniqueness of each condition without reducing it, the "metaphorical process" reads the single situation like what was encountered in the past and kept in one's own repertory. Schön recalls how the familiar situation for the designer functions as a precedent or - according to Kuhn's definition - an example for the new case.

«We know very little about the ways in which individuals develop the feel for media, language, and repertoire which shapes their reflection-in-action. This is an intriguing and promising

topic for future research» (Schön, 1983, ch. 9, par. 1).

Among the in-depth studies carried out throughout the entire research project there is exactly this composite reflection on the construction and enhancement of the functionality of technical repertoires, adapted to the systemic vision and integrated through the multiplication of services.

ne delle sezioni trasversali tipo classificate nell'area di studio e della disponibilità di superfici di proprietà pubblica trasformabili. Lo strumento interscalare è dunque parte di un sistema che attraverso il progetto strategico generale preparato per le Amministrazioni locali sollecita spazi di rielaborazione critica dei prototipi proposti.

L'approccio si collega alle teorie di Donald A. Schön, che nel 1983 sottolineava l'importanza del repertorio personale del progettista nella "reflection in action", riferendosi alla "ricerca/azione" come definita da Lewin nel 1946, antitetica alla codificazione tradizionale. Nella questione di epistemologia della pratica che oppone la razionalità riflessiva alla razionalità tecnica, si definiva il repertorio come insieme di "esempi, immagini, comprensioni e azioni" di cui si dispone grazie all'esperienza. Riconoscendo l'unicità di ogni condizione senza ridurla, si definiva "processo metaforico" la lettura della situazione singola come simile a quanto incontrato in passato e custodito nel proprio repertorio, la cui maggiore ampiezza consente elaborazioni più raffinate quanto più il caso anteriore è simile al nuovo. Secondo Schön la situazione familiare per il progettista funziona come un precedente o – in base alla definizione di Kuhn – un esemplare per il nuovo caso.

«We know very little about the ways in which individuals develop the feel for media, language, and repertoire which shapes their reflection-in-action. This is an intriguing and promising topic for future research» (Schön, 1983, cap. 9, par. 1).

Tra gli approfondimenti condotti nell'intero progetto di ricerca vi è proprio tale riflessione composita sulla costruzione e il potenziamento della funzionalità dei repertori tecnici, adeguati alla visione sistemica e integrati attraverso la moltiplicazione delle prestazioni.

References

- City of Philadelphia (2014), *City of Philadelphia Green Streets Design Manual*, available at: http://www.phillywatersheds.org/what_were_doing/gsdm.
- City of San Francisco (2016), *San Francisco Stormwater Management Requirements and Design Guidelines*, available at: <http://sfwater.org/index.aspx?page=1000>.
- Schön, D.A. (1983), *The Reflective Practitioner: How Professionals Think in Action*, Basic Books, New York.
- Somarakis, G., Stagakis, S. & Chrysoulakis, N. (eds) (2019), *ThinkNature Nature-Based Solutions Handbook*, ThinkNature, project funded by the EU Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement n. 730338.
- UACDC (2010), *LID Low Impact Development a design manual for urban areas* University of Arkansas Community Design Center, Fay Jones School of Architecture, University of Arkansas Press, Fayetteville, Arkansas, available at: <http://uacdc.uark.edu>.
- Valente, R. (2017), "Water Sensitive Urban Open Spaces: Comparing North American Best Management Practices", *UPLanD. Journal of Urban Planning, Landscape & environmental Design*, vol. 2 (3), pp. 285-297.

4. Test, simulazioni, protocolli, attività on site e in laboratorio

Tests, Simulations, Protocols and Activities On-site and in Laboratory

Martino Milardi
Università degli Studi Mediterranea di Reggio Calabria

4.1 INTRODUZIONE*

Le recenti risultanze degli scenari di cambiamento climatico (Chalmers, 2014), sviluppatosi e diffuso in maniera sempre più rilevante sui sistemi globali, hanno portato una maggiore consapevolezza delle ricadute che questo provoca in termini umani, ambientali, sociali ed economici. In particolare, si mette in luce, la necessità di concretizzare nuovi processi che siano in grado di leggere “in modo dinamico” le risposte dei sistemi costruiti, le variazioni qualitative delle componenti e i differenti livelli di rischio e vulnerabilità.

Questo intento diventa un’azione imprescindibile per comprendere come le dinamiche del clima urbano determinano e innescano evidenti effetti sull’ambiente costruito. Lo studio di questo cambiamento e dei suoi effetti, è un esempio emblematico della sfida intellettuale e operativa che oggi viene posta dai sistemi complessi e dai modelli matematici che costituiscono gli strumenti ideali per cogliere il comportamento (VV.AA., 2018). È noto come (forti) variazioni climatiche richiedono, quindi, una sostanziale modifica degli approcci alla progettazione per rendere i sistemi urbani più resilienti al *climate change*.

Numerosi report dei centri e organismi di ricerca (ARUP, 2018), nonché le sempre più stringenti direttive europee (EU, 2016), evidenziano come l’involucro edilizio, in apparenza “distante” dalla scala dei rapporti urbani macrodinamici, rivesta un ruolo fondamentale essendo tra i primi “motori” del ciclo energivoro che connota i fenomeni di *climate change*, come l’aumento delle temperature.

A questa complessità si associa una maggiore consapevolezza di arricchire le tradizionali discipline con un nuovo *corpus* di scienze, quali la climatologia, la fisica urbana che, insieme ai sistemi informatici e digitali si rendono indispensabili per comprendere i fenomeni ambientali e i relativi impatti su grande e piccola scala.

In questa luce, l’approccio operativo basato sull’uso di strumenti di rilevazione, di lettura diagnostica, modellizzazione e simulazione, nonché, su test di misura e valutazione in regime “simulato” assumono particolare rilevanza. La progettazione, soprattutto in aree ambientali critiche o sensibili, è preceduta, dunque, da azioni finalizzate alla comprensione delle dinamiche e alla verifica di applicabilità delle soluzioni¹.

* Hanno collaborato alla stesura del testo le *PhD Students* Evelyn Grillo e Sara Sansotta, curando in particolare il paragrafo 4.2.

1 In tal senso, anche se ormai da molti anni i *software* di simulazione o valutazione *ex ante* dei progetti (come ad esempio quelli nel campo delle prestazioni energetiche) sono di uso corrente o prescritto, le fasi composte da studi di rilevazione analitica contestuale con le relative modellazioni o, addirittura, i test su modelli in scala, stanno diventando

4.1 INTRODUCTION*

The recent results of the climate change scenarios (Chalmers, 2014), developed and spread in an increasingly relevant way on global systems, have brought a greater awareness of the effects that this causes in human, environmental, social and economic terms. It is necessary to implement new processes that are able to read “dynamically” the responses of the built systems, the qualitative variations of the components and the different levels of risk and vulnerability. The study of this change and its effects is an emblematic example of the intellectual and operational challenge that today is posed by complex systems and mathematical models as ideal tools to grasp the behaviour (VV.AA., 2018). It is known that climatic variations require a substantial change in design approaches to make urban systems more resilient to climate change. Numerous reports from research centres and organizations (ARUP, 2018), as well as the European directives (EU, 2016), show that the building envelope, apparently distant from the scale of macro dynamic urban relations, plays a key role being among the first drivers of the energy cycle that characterizes the phenomena of climate change, such as rising temperatures. In this light, the operational approach based on the use of tools for detection, diagnostic reading, modelling and simulation, as well as, on measurement and evaluation tests in “simulated” mode are particularly relevant. The design, especially in critical or sensitive environmental areas, is preceded by actions aimed at understanding the dynamics and verifying the applicability of the solutions¹. The actors of the project pro-

* *PhD students Evelyn Grillo and Sara Sansotta have collaborate to this chapter; in particular paragraph 4.2.*

1 *In this sense, from many years the valuation software of simulation ex ante or of projects (as those in the field of the energetic performances) are of current use or prescribed, the phases composed from studies of contextual analytical survey with the relative modelling or, even, the tests on models in scale, are becoming more and more searched for in order to increase the predictive abilities of the project and consequently to increase the meanings of control.*

cess have different tools available to formulate hypothesis, today. Verification and validation of the choices: not only software and equipment, but also simulations and tests, to assess the adequacy of the responses as well as the congruence to the contexts of intervention. This instrumental opportunity offers the project the possibility to “read” future outcomes in advance and enrich the process with a new ability to control performance dynamics. In this direction, with the terms of verification and validation we distinguish the control activities aimed at establishing whether a finished product has functional characteristics and performance in conformity with those established at the beginning of the development process. «Verify beforehand, [...], the essential features of the ability of the interventions to function according to the expected quality requirements, [...], but above all of their integration in the organic and harmonic whole that form the buildings» (Arlati, 2012, pp. 11-12). Relating to the panorama of policymaking in the European context², inherent to energy and environmental issues is increasingly widespread use of simulation and modelling programs, able to dynamically describe the behaviour and functional characteristics of a given urban space over time, to vary of multiple factors such as usage conditions and climatic conditions. Faced with the urgency dictated by Agenda 2030³, the action strategies are projected to change conventional planning and design practices by making them climate proof (Losasso et al., 2020). Therefore, it seems clear how these logics are changing the design approaches according to the goals and requirements that contribute to the increase of the adaptability of the urban environment to the various scales. (Milardi, 2018). Specifically, if on the one hand the adaptive strategy is a reference for mitigation and resilience interventions, on the other hand, in its “downscaling” application, it is not always possible to control the elements of complementarity or overlapping of fields. In this direction, the modelling of the environmental context is intended as a useful tool to build future scenarios in a process of theory and prediction (Hartmann, 1996), taking the opportunity to restore beauty to our cities (Legambiente, 2016). In relation to the design process of the modelling phase, the literature declines three different modelling methods: scale physical models that realistically represent the object from some points of view (morphological, geometric),

2 Refers to the EU Adaptation Strategy, which has among its primary goals the improvement of the quality of the environment, promoting adaptive design processes and mitigate control of impacts. Available at: https://ec.europa.eu/clima/policies/adaptation/what_en.

3 The Agenda 2030 adopted by all UN Member States in 2015, with its 17 goals (SDG), provides a shared model for sustainable development. Available at: <https://sustainabledevelopment.un.org>.

Gli attori del processo progettuale hanno, oggi, a disposizione differenti strumenti per formulare ipotesi, “verifica” e “validazione” (richieste dalle norme e soprattutto dagli obiettivi di conoscenza analitica e scenari previsionali) delle scelte: non solo *software* e attrezzature, ma anche simulazioni e test, per valutare l’adeguatezza delle risposte nonché la congruenza ai contesti d’intervento. Questa opportunità strumentale offre al progetto la possibilità di “leggere” in anticipo esiti futuri e arricchire il processo di una nuova capacità di controllo delle dinamiche prestazionali.

In questa direzione, con i termini di verifica e validazione si distinguono le attività di controllo indirizzate a stabilire se un “prodotto” finito abbia caratteristiche funzionali e prestazioni conformi con quelle stabilite all’inizio del processo di sviluppo. «Verificare a priori, [...], i tratti essenziali della capacità di funzionare degli interventi secondo i requisiti di qualità attesi, [...], ma soprattutto della loro integrazione nell’insieme organico e armonico che formano gli edifici» (Arlati, 2012, pp. 11-12).

Rapportandosi al panorama delle politiche programmatiche in ambito europeo², inerenti le questioni energetiche e ambientali si sta sempre più diffondendo l’uso di programmi di simulazione e modellazione, in grado di descrivere “in modo dinamico” il comportamento e le caratteristiche funzionali di un dato spazio urbano nel tempo, al variare di molteplici fattori quali ad esempio le condizioni di utilizzo e le condizioni climatiche. Di fronte all’urgenza dettata dall’Agenda 2030³, le strategie di azione sono proiettate a modificare le convenzionali pratiche programmatiche e progettuali rendendole *climate proof*, ovvero a prova di clima (Losasso et al., 2020).

Sembra quindi assodato come queste logiche stiano modificando gli approcci della progettazione in accordo agli obiettivi e requisiti che concorrono all’aumento dei caratteri di adattività dell’ambiente urbano alle varie scale (Milardi, 2018). Nello specifico, se da un lato la strategia adattiva è un riferimento per gli interventi di mitigazione e resilienza, dall’altro, nella sua applicazione “downscaling”, non sempre è possibile controllare in modo chiaro gli elementi di complementarità o di sovrapposizione dei campi.

In questa direzione, la modellazione del contesto ambientale viene intesa come strumento utile a costruire scenari futuri in un processo di teoria e previsione (Hartmann, 1996), cogliendo l’opportunità di ridare bellezza alle nostre città (Legambiente, 2016).

Rispetto al processo progettuale inerente la fase di *modelling*, la letteratura declina tre diversi metodi di modellazione: “modelli fisici in scala” che rappresentano in modo realistico l’oggetto sotto alcuni punti di vista (morfologico, geometri-

sempre più ricercate per aumentare le capacità predittive del progetto e di conseguenza aumentare i significati di controllo.

2 Si fa riferimento alla EU Adaptation Strategy, che ha tra gli obiettivi primari l’incremento qualitativo dell’ambiente, promuovendo processi progettuali adattivi e il controllo mitigativo degli impatti. Disponibile al sito: https://ec.europa.eu/clima/policies/adaptation/what_en.

3 L’Agenda 2030 adottata da tutti gli Stati membri delle Nazioni Unite nel 2015, con i suoi 17 obiettivi (SDG) fornisce un modello condiviso per lo sviluppo sostenibile. Disponibile sul sito: <https://sustainabledevelopment.un.org>.

co), “modelli complessi” basati su algoritmi di calcolo che necessitano l’utilizzo di *software* di simulazione e “modelli numerici” che simulano il comportamento di un oggetto rispetto a una determinata manifestazione (termica, visiva, acustica) utilizzando relazioni matematiche (Fotopoulou et al., 2016).

In linea generale, i *software* di simulazione che forniscono informazioni più affidabili sono quelli che richiedono un maggior dettaglio nella rappresentazione dei dati di ingresso (climatici e riguardanti lo spazio urbanizzato) e generano *output* più complessi da leggere. Alla diffusione dei *software* di modellazione innovativi corrisponde dunque, una consapevolezza ambientale da parte del progettista che considera in modo integrato il controllo dei flussi energetici, materiali e immateriali alla progettazione architettonica, mettendo in luce il ruolo del *testing* e della sperimentazione come fondamentale e nel perseguimento operativo e di tali obiettivi.

Il processo di *testing* è considerato come nuovo strumento che aumenta le capacità di controllo di tenere adattivo per le indagini sui cambiamenti climatici, basato su misurazioni e valutazioni prestazionali rispetto a specifici contesti ambientali di riferimento (Ballarini et al., 2019). Si tratta cioè di ampliare l’aspetto più tradizionale della modellazione e simulazione, con i protocolli di *testing* che richiedono nuovi approcci metodologici e infrastrutture capaci di rispondere in modo innovato ai *trend* del mercato e alle stringenti normative di settore.

Inoltre, le tematiche ambientali e le problematiche che scaturiscono dalle interazioni esistenti tra edificio e contesto riportano spesso l’attenzione sull’involucro con la necessità di analizzarlo a diverse scale e nella sua completa messa a sistema.

Le attività di test avanzato svolte presso laboratori specializzati pongono il loro punto di forza sull’utilizzo di strumenti di rilevazione fenomenologica che spesso, oltre a essere accurati e aggiornati di continuo, offrono alti valori di *performances* e sono calibrati su *datasheet* garantiti da enti accreditati.

In ragione, dunque, delle attuali richieste qualitative e di rispondenza ai requisiti di flessibilità e adattabilità, è indispensabile una nuova modalità di controllo, quindi misurabile, del progetto architettonico e urbano che sia valido per la riqualificazione e rigenerazione di tessuti edilizi degradati, nonché per la proposizione di nuovi modelli insediativi.

Un punto di forte rilevanza delle attività di *testing*, rispetto ai *software* di simulazione, è offrire a progettisti e tecnici del settore garanzie sull’affidabilità e conformità dei dati e risultati, con ricadute importanti sulla ricerca sperimentale e industriale (Trombetta & Milardi, 2015). Inoltre, la verifica e il controllo durante prove sperimentali, basati su protocolli normati, permettono non solo di ottimizzare le *performances* qualitative di un progetto ma di minimizzare gli errori durante la realizzazione.

In questo senso e in quest’ottica che si chiarisce e si delinea il ruolo portante della progettazione, delle metodologie e degli strumenti tecnico-operativi supportati da criteri di previsione modellata e *testing*.

4.2 CONTRIBUTI

Le attività di ricerca e di sperimentazione delle diverse *Research Units* (RU) chiariscono come lo sviluppo di un approccio basato su criteri di generale modellazio-

complex models based on calculation algorithms that require the use of simulation software and numerical models that simulate the behaviour of an object with respect to a specific manifestation (thermal, visual, acoustic) using mathematical relationships (Fotopoulou et al., 2016). In general, the simulation software that provide more reliable information are those that require more detail in the representation of input data (climate and urbanized space) and generate outputs more complex to read. To the diffusion of innovative modelling software corresponds therefore, an environmental awareness on the part of the designer who considers in an integrated way the control of energy, material and immaterial flows to architectural design, highlighting the role of testing and experimentation as fundamental and in the pursuit of these goals. The Testing process is considered as a new tool that increases adaptive control capabilities for climate change investigations, based on measurements and performance evaluations with respect to specific reference environmental contexts (Ballarini et al., 2019). This means expanding the more traditional aspect of modelling and simulation, with Testing protocols that require new methodological approaches and infrastructures capable of responding in an innovative way to market trends and stringent industry regulations. The advanced testing activities carried out in specialized laboratories put their strength on the use of phenomenological detection instruments that often, in addition to being accurate and continuously updated, offer high performance values and are calibrated on datasheets guaranteed by accredited bodies. Therefore, due to the current demands for quality and compliance with the requirements of flexibility and adaptability, it is essential a new way of control, therefore measurable, of architectural and urban design that is valid for the redevelopment and regeneration of degraded building fabrics, as well as for the proposal of new settlement models. A point of strong relevance of testing activities, compared to simulation software, is to offer designers and technicians in the sector guarantees on the reliability and conformity of data and results, with important effects on experimental and industrial research (Trombetta & Milardi, 2015). Moreover, the verification and control during experimental tests, based on standardized protocols, allow not only to optimize the qualitative performance of a project but also to minimize errors during the realization.

4.2 CONTRIBUTES

The research and experimentation activities of the different Research Units (RU) clarify how the development of an approach based on criteria of general modelling, simulation and testing, wants to be a tool able to support a predictive vision.

The tools that allow analysing or simulating phenomena that occur on specific environmental contexts assume, therefore, a strategic role in the definition of timely and flexible responses able to address design solutions of climate proof. The scientific evidence of the design process implemented by the different RU was mainly based on the use of two software such as GIS (Geographical Information System)⁴ and ENVI-met⁵, solving the limits with other open source software. The GIS software is applied for the analysis and management of spatial data and their representation in tables and graphs, on the contrary, the simulation software ENVI-met is enabled for the realization of microclimatic models in three-dimensional scale of urban districts and useful for environmental impact assessment. The application of software technologies in RU research projects allows verifying *ex ante* the effectiveness of the transformations on certain urban systems according to the environmental quality requirements, through the virtual and dynamic simulation of input data, able to operate an integrated analysis of the design process. In this discussion we want to highlight the methodological process of the different RU, Aversa, Florence, Reggio Calabria, Milan, Naples and Rome (Part 2), in relation to the use of the main tools used and how they are shaped, according to the needs and scenarios implemented in the research process according to the sequence of testing, modelling and simulating.

A multidisciplinary approach to the integrated management of urban transformation and construction projects finds more application in the work of the RU of the University of Campania Luigi Vanvitelli, whose goal is the creation of a Green Street network through Green Stormwater Infrastructures (GSI) devices between the road section of the historical centres of Melito (NA) and Aversa (CE). In view of the problems encountered in these areas - heavy rainfall, floods - a controlled management of rainwater is required with the ultimate aim of avoiding flooding and improving the quality of open spaces. In this case, the operational methodology adopted provides a phase of cognitive analysis of the urban system

4 GIS is a tool used to analyze spatial properties and potential relationships between objects and events. GIS technology combines the mechanisms and operations of common databases with geographical analysis and the ability to display them on the map. For more information: <http://www.mtcube.com/manuali/intramontabili/GIS.pdf>.

5 The ENVI-met system allows the analysis of the impacts of the project on the local environment, the specification of the ground floor and building materials and the use of vegetation on walls or roofs in any conceivable configuration to help mitigate factors such as urban thermal stress. For more information: <https://www.envi-met.com/>.

ne, simulazione e *testing*, vuole porsi come strumento in grado di supportare una “visione previsionale”; in sintesi orientare, quando possibile, in modo sostanziale gli interventi di trasformazione del sistema urbano.

Gli strumenti che permettono di analizzare o simulare fenomeni che si verificano su specifici contesti ambientali assumono, quindi, un ruolo strategico nella definizione di risposte puntuali e flessibili in grado di indirizzare soluzioni progettuali *climate proof*.

L'evidenza scientifica del processo progettuale messo in atto dalle diverse RU si è basata principalmente sull'utilizzo di due *software* quali GIS (*Geographical Information System*)⁴ ed ENVI-met⁵, risolvendo i limiti con altri *software open source*. Il *software GIS* viene applicato per le analisi e la gestione dei dati territoriali e la loro rappresentazione in tabelle e grafici, al contrario, il *software* di simulazione ENVI-met è abilitato alla realizzazione di modelli microclimatici in scala tridimensionale di distretti urbani e utile alla valutazione dell'impatto ambientale.

L'applicazione di tecnologie *software* nei progetti di ricerca delle RU consente di verificare *ex ante* l'efficacia delle trasformazioni su determinati sistemi urbani secondo i requisiti di qualità ambientale, attraverso la simulazione virtuale e dinamica di dati *input*, in grado di operare un'analisi integrata del processo progettuale. I dati elaborati dai *software* nelle fasi di *modelling* e *simulating* sono rafforzati dall'approccio cognitivo del *testing* legato fortemente alla specificità dell'apprendimento in architettura e nella cultura digitale.

In questa trattazione si intende mettere in luce l'*iter* metodologico delle diverse *Research Units* di Aversa, Firenze, Reggio Calabria, Milano, Napoli e Roma (Parte II), rispetto all'utilizzo dei principali strumenti impiegati e come questi si plasmano a seconda delle esigenze e degli scenari attuati nel processo di ricerca secondo la sequenza del *testing*, *modelling* e *simulating*.

Un approccio multidisciplinare alla gestione integrata di progetti di trasformazione urbana e edilizia trova maggiore esempio di applicazione nel lavoro della RU dell'Università degli Studi della Campania Luigi Vanvitelli, il cui obiettivo è la realizzazione di una rete *Green Street* attraverso dispositivi di *Green Stormwater Infrastructures* (GSI) tra il tratto stradale dei centri storici di Melito (NA) e Aversa (CE). A fronte delle problematiche riscontrate in queste aree - forti precipitazioni, alluvioni - si richiede una gestione controllata delle acque meteoriche con il fine ultimo di evitare fenomeni di allagamento e migliorare la qualità degli spazi aperti. In questo caso, la metodologia operativa adottata prevede una fase di analisi conoscitiva del sistema urbano e delle sue criticità, attraverso un modello GIS di dati LIDAR che identifica aree maggiormente degradate dove applicare soluzioni GSI.

4 Il GIS (*Geographic Information System*) è uno strumento usato per analizzare le proprietà spaziali e le potenziali relazioni tra oggetti ed eventi. La tecnologia GIS unisce i meccanismi e le operazioni dei comuni *database* con l'analisi geografica e la possibilità di visualizzazione sulla mappa. Per maggiori informazioni consultare il sito <http://www.mtcube.com/manuali/intramontabili/GIS.pdf>.

5 Il sistema ENVI-met consente l'analisi degli impatti del progetto sull'ambiente locale, la specifica del piano terra e dei materiali da costruzione e l'uso della vegetazione su muri o tetti in qualsiasi configurazione immaginabile per aiutare a mitigare fattori come lo *stress* termico urbano. Per maggiori informazioni consultare il sito <https://www.envi-met.com/>.

Il raggiungimento degli obiettivi progettuali è frutto di continui approfondimenti sulle condizioni microclimatiche delle aree soggette ad allagamento, attraverso un'attenta lettura dei dati e successivo confronto delle simulazioni con i *software* ENVI-met e i-Tree Street, in grado di verificare i livelli di vulnerabilità urbana.

Il tema della vulnerabilità climatica e riqualificazione degli spazi pubblici è ripreso dalla RU dell'Università degli Studi di Firenze, attraverso lo studio del Distretto urbano di Scandicci, interessato da piogge torrenziali con rischi di alluvione e da effetti di isola di calore. Obiettivo specifico della ricerca si è incentrato sulle analisi e la conseguente progettazione sperimentale degli spazi aperti pubblici e del tessuto edificato, riprogettati con azioni resilienti, cioè rivolte alla risoluzione delle cause stesse dei fenomeni estremi (EEA, 2017). L'impiego del *software* ENVI-met, per la fase di simulazione, ha permesso di modellare le condizioni microclimatiche nelle aree urbane oggetto di studio, al fine di rendere intellegibili le interazioni tra i diversi elementi presenti. Un aspetto interessante è la restituzione delle temperature a vasta scala attraverso il sensore Modis, mentre per le parti urbanizzate si è reso necessario l'utilizzo del sensore ASTER, in grado di rilevare le temperature elevate in uno spazio urbanizzato. Dalla metodologia di lavoro applicata è emerso come sia sempre più richiesta una interoperabilità tra le scale del progetto volta a migliorare la capacità di resilienza dell'ambiente costruito e del territorio (Lucarelli, 2017).

L'indagine del territorio in termini di risposta agli impatti ambientali è stata oggetto di studio della RU dell'Università degli Studi di Napoli Federico II, la cui area comprende quattro Distretti di Napoli (Bagnoli, Fuorigrotta, Cavalleggeri, Soccavo). L'obiettivo concerne l'individuazione di aree prioritarie di intervento di adattamento climatico mediante *Green Infrastructure*. La parte conoscitiva è stata elaborata tramite *software* GIS, al fine di costruire *database* ed elaborare dati opportunamente georeferenziati, capace di tracciare il profilo climatico e le risposte ad alcuni impatti ambientali come il *pluvial flooding* e l'ondata di calore. L'utilizzo del *software GIS-based* è fortemente incentrato sul processo di analisi e stima di scenari di impatto del fenomeno *heat wave ex ante*, portando a un risultato di tipo meta-progettuale adatto a orientare le scelte del decisore verso soluzioni validate da un processo di conoscenza oggettivabile nei passaggi logici e nella qualità dei dati utilizzati. Il modello di valutazione "METROPOLIS"⁶, è stato il punto di partenza per stimare il contributo di categorie di intervento *climate proof* al progetto di adattamento, formulando scenari di impatto del sistema urbano.

L'analisi e la sperimentazione sullo spazio pubblico del NIL (Nucleo di Identità Locale) di Lodi-Corvetto, ha riguardato l'attività di ricerca della RU del Politecnico di Milano, focalizzata alla definizione di SSP (Sistemi di Spazi Pubblici), classificati in base alle caratteristiche morfologiche e alle criticità ambientali prevalenti. La metodologia applicata per la fase di modellizzazione si è basata sull'utilizzo del *software* GIS, per l'identificazione delle zone maggiormente colpite dal fenomeno dell'isola di calore urbano e lo studio dei principali indici di

and its criticality, through a GIS model of LIDAR data that identifies the most degraded areas where to apply GSI solutions. The project aims to define microclimatic conditions of areas subject to flooding, through a careful reading of the data and subsequent comparison of the simulations with ENVI-met and i-Tree Street software, able to verify the levels of urban vulnerability.

The theme of climate vulnerability and redevelopment of public spaces is taken up by the RU of the University of Florence, through the study of the urban district of Scandicci, affected by torrential rains with flood risks and heat island effects. Specific goals of the research has focused on the analysis and the consequent experimental design of public outdoor spaces and built fabric, redesigned with resilient actions, i.e. aimed at solving the causes of extreme phenomena (EEA, 2017). The use of ENVI-met software, for the simulation phase, has allowed modelling the microclimatic conditions in the urban areas under study, in order to make the interactions between the different elements intelligible. An interesting aspect is the restitution of temperatures on a large scale through the Modis sensor, while for the urbanized parts it was necessary to use ASTER sensor, able to detect high temperatures in an urbanized space. From the applied working methodology, it has emerged that interoperability between the scales of the project is increasingly required in order to improve the resilience of the built environment and the territory (Lucarelli, 2017).

The investigation of the territory in terms of response to environmental impacts has been the subject of study by the RU of the University of Naples Federico II, whose area includes four districts of Naples (Bagnoli, Fuorigrotta, Cavalleggeri, Soccavo). The goals concerns the identification of priority areas of climate adaptation intervention through Green Infrastructure. The cognitive part has been elaborated through GIS software, in order to build databases and process data properly geo-referenced, able to trace the climate profile and the responses to some environmental impacts such as rain flooding and heat wave.-The use of GIS-based software is strongly focused on the process of analysis and estimation of scenarios of impact of the heat wave phenomenon ex ante, leading to a meta-design. The "METROPOLIS" evaluation model⁶, was the starting point to estimate the contribution of climate proof intervention categories to the adaptation project, formulating scenarios of impact of the urban system.

The analysis and experimentation on the public space of the

6 Il Progetto di ricerca METROPOLIS – Metodologie e tecnologie integrate e sostenibili per l'adattamento e la sicurezza di sistemi urbani – svolto dall'Università degli Studi di Napoli Federico II, si pone l'obiettivo di proporre un approccio innovativo finalizzato alla gestione e alla mitigazione dei rischi, antropici e naturali, ai quali i contesti urbanizzati sono quotidianamente soggetti.

6 The project METROPOLIS - Integrated and sustainable methodologies and technologies for the adaptation and safety of urban systems - carried out by the University of Naples Federico II, aims to propose an innovative approach aimed to the management and mitigation of human and natural risks to which urbanized contexts are daily subject.

NIL (Nucleus of Local Identity) of Lodi-Corvetto, concerned the research activity of the RU of Politecnico di Milano, focused on the definition of SSP (Public Space Systems), classified according to the morphological characteristics and the prevailing environmental criticalities. The methodology applied for the modelling phase was based on the use of GIS software, for the identification of the areas most affected by the urban heat island phenomenon and the study of the main indices of perceived temperature and rainfall. For the simulation phase inherent to the reduction of air pollutants, specific software such as i-Tree and i-Tree Design have been used, applying UFORE models, for the elaboration of tabular values considered reliable for the design phase. The hypotheses, in fact, are defined as technological-environmental, technical and material solutions, also with the comparison of possible alternatives and evaluated by quantifying the achievable benefits in terms of adaptive response and urban regeneration.

The experimental process adopted by the RU of the Mediterranean University of Reggio Calabria has developed on the observation and study of the relations that are established between volumes and spaces of the built environment of three different urban compartments of the city of Reggio Calabria, in order to identify the behaviour of the facades in situations of climate change, in the specific heat wave and pluvial flooding. The research activity has focused on the control of the performance related to the interactions between building and context by exploiting the advantages of the processes of simulating, modelling and testing, having the opportunity to have a permanent laboratory. From the methodological point of view, we proceeded by identifying a new experimental set-up to be reproduced through phases of continuous verification and feedback of the processes, recording actual results compared to the testing phase through the use of machinery and equipment of the TCLab Section of the Building Future Lab, which allowed to recreate in the laboratory the context conditions previously detected through the software ENVI-met, Flow Design and Ansys.

The experimentation carried out by the RU of the Sapienza University of Rome with respect to the sequence of testing, modelling and simulating has focused on models of urban regeneration based on Climate Adaptive Change of the Districts of Primavalle, Torrevecchia, Quartaccio and Pineto-Valle Aurelia. The goals concerns the bioclimatic adaptation of public outdoor spaces, subject to certain environmental impacts, related to heat islands and phenomena such as extreme rainfall and water bombs, in order to increase permeable surfaces according to a design consistent with the improvement of comfort. The retrofitting of the buildings, on the other hand, concerned the morphological, functional and technological aspects of the buildings and the external spaces of pertinence. The design simulations are syn-

temperatura percepita e di piovosità. Le analisi spaziali condotte permettono di ottenere importanti risultati nell'individuazione degli spazi pubblici sui quali intervenire a livello sperimentale. Per la fase di simulazione inerente alla riduzione degli inquinanti aerei sono stati utilizzati *software* specifici come i-Tree e i-Tree Design, applicando modelli UFORE, per l'elaborazione di valori tabellari ritenuti affidabili per la fase progettuale. Le ipotesi, infatti, sono definite come soluzioni tecnologico-ambientali, tecniche e materiche anche con la comparazione di possibili alternative e valutate quantificando i benefici conseguibili in termini di risposta adattiva e di rigenerazione urbana.

Il processo sperimentale adottato dalla RU dell'Università degli Studi Mediterranea di Reggio Calabria si è sviluppato sull'osservazione e sullo studio delle relazioni che si instaurano tra volumi e spazi dell'ambiente costruito di tre differenti comparti urbani della città di Reggio Calabria, al fine di individuare il comportamento delle facciate in situazioni di *climate change*, nello specifico ondata di calore e *pluvial flooding*. L'attività di ricerca si è dunque incentrata sul controllo delle prestazioni connesse alle interazioni tra edificio e contesto sfruttando i vantaggi dei processi di *simulating*, *modelling* e *testing*, avendo l'opportunità di poter disporre di un laboratorio permanente finalizzato al *testing* avanzato degli involucri edilizi. Dal punto di vista metodologico, si è proceduto individuando un nuovo assetto di sperimentazione da riprodurre mediante fasi di continua verifica e *feedback* dei processi, registrando effettivi risultati rispetto alla fase di *testing* mediante l'utilizzo dei macchinari e attrezzature della Sezione TCLab del Building Future Lab, che hanno permesso di ricreare in laboratorio le condizioni di contesto rilevate precedentemente attraverso i *software* ENVI-met, Flow Design e Ansys.

La sperimentazione messa in atto dalla RU della Sapienza Università di Roma rispetto la sequenza del *testing*, *modelling* e *simulating* si è concentrata sui modelli di rigenerazione urbana improntata sul *Climate Adaptive Change* dell'area di studio costituita dai quartieri limitrofi di Primavalle, Torrevecchia, Quartaccio e Pineto-Valle Aurelia. L'obiettivo riguarda l'adeguamento bioclimatico degli spazi pubblici aperti, soggetti ad alcuni impatti ambientali, legati alle isole di calore e ai fenomeni come piogge estreme e bombe d'acqua, al fine di incrementare le superfici permeabili secondo un disegno coerente al miglioramento del *comfort* e al potenziamento della mobilità in chiave sostenibile. Il *retrofitting* degli edifici ha riguardato invece l'aspetto morfologico, funzionale e tecnologico degli stessi e degli spazi esterni di pertinenza. Le simulazioni progettuali sono sintetizzate tramite la procedura di step quali *input modelling*, *simulation ex ante*, *output modelling*, *simulation ex post*, attraverso l'utilizzo del *software* ENVI-met sulle condizioni *ante operam* e su quelle *post operam*, in modo tale da sfruttare al massimo la confrontabilità dei dati di risultanza.

4.3 CONCLUSIONI

In questo particolare momento congiunturale, si consolida sempre di più l'assunto che le condizioni imprevedute, dovute agli effetti dei cambiamenti climatici e ai rischi che ne derivano, hanno determinato l'importanza di attuare azioni di adattamento e mitigazione prevenendo *ex ante* soluzioni operative che si esercitano sull'ambiente costruito attraverso la diffusione di progetti sempre più "*data-infor-*

med” (Bassolino & Ambrosini, 2016).

La consapevolezza degli impatti negativi dovuti al *climate change* richiede la ricerca di un equilibrio dinamico tra crescita e esigenze di adattamento climatico dei contesti urbani a rischio (Dell’Acqua, 2020).

In questa direzione, sembra delinearsi un “nuovo” processo progettuale, organizzato secondo una sequenza di *simulating testing, modelling*, che ha permesso di definire i diversi scenari di intervento controllabili, finalizzati alla risposta di tipo *climate proof*.

La trattazione qui esposta ha messo in luce come, le azioni di *simulation, feedbacking e testing* svolte dalle singole *Research Units*, sono state utili alla riproduzione di un’innovata lettura e restituzione dei contesti, veicolata dall’uso di *tools* informatici e *software* (Bloem et al., 2010), apparecchiature e macchine “pesanti” (come quelle impiegate da laboratori di *testing*), intesi come nuovi strumenti di “controllo” progettuale che oggi configurano il panorama dei criteri “avanzati”, ma disponibili, affidabili e confrontabili.

Risulta chiaro come le modalità del *trail-and-error* e del *self-learning* sostengono culturalmente l’utilizzo di test e simulazioni all’interno del processo progettuale, non più deterministicamente orientato all’unicità della soluzione, ma viceversa aperto scenari comparabili, da adattare alla specificità del contesto fisico ma anche di quello sociotecnico.

Da questo quadro, la costruzione di nuovi protocolli per il progetto ambientale *climate proof*, risulta essere una pratica necessaria al fine di comprendere i processi di implementazione e identificare procedure potenzialmente replicabili nei vari Distretti urbani con caratteristiche morfologiche, ambientali, fisiche e tecnologiche analoghe.

Obiettivo unificante dei metodi, procedure, criteri e azioni messi in campo dalle RU, è di fornire un orizzonte metodologico costituito da piani di conoscenza, programmi strategici e progetti pilota che, attraverso un generale approccio *climate-oriented*, riesca a guidare i processi di intervento ad alta adattività e risposta al regime di cambiamento climatico in ambiente urbano.

thesized through the procedure of steps such as input modelling - simulation ex ante - output modelling - simulation ex post, by ENVI-met software on the conditions ante operam and post operam, in order to maximize the comparability of the result data.

4.3 CONCLUSIONS

In this particular economic moment, the assumption that unforeseen conditions, due to the effects of climate change and the resulting risks, have determined the importance of implementing adaptation and mitigation actions by providing ex ante operational solutions that exert themselves on the built environment through the spread of projects increasingly “data-informed” (Bassolino & Ambrosini, 2016). The awareness of negative impacts due to climate change requires the search for a dynamic balance between growth and climate adaptation needs of urban contexts at risk (Dell’Acqua, 2020). In this direction, a “new” design process seems to be emerging, organized according to a sequence of simulating testing, modelling, which has allowed to define the different controllable scenarios of intervention, aimed at climate proof response. The discussion presented here has highlighted how, the simulation, feedback and testing actions carried out by the individual Research Units, have been useful for the reproduction of an innovative reading and restitution of contexts, conveyed by the use of computer tools and software (Bloem et al., 2010), “heavy” equipment and machines, intended as new design “control” tools that today configure the panorama of “advanced” criteria, reliable and comparable. It is clear how the modalities of trail-and-error and self-learning culturally support the use of tests and simulations within the design process, no longer deterministically oriented to the uniqueness of the solution, but vice versa open comparable scenarios, to be adapted to the specificity of the physical context but also of the sociotechnical one. From this framework, the construction of new protocols for the climate-proof environmental project is a necessary practice in order to understand the implementation processes and identify procedures potentially replicable in the various urban districts with similar morphological, environmental, physical and technological characteristics. The unifying goals of the methods, procedures, criteria and actions implemented by the RU, is to provide a methodological horizon consisting of knowledge plans, strategic programs and pilot projects that, through a general climate-oriented approach, can guide the processes of intervention with high adaptivity and response to the regime of climate change in the urban environment.

References

- Arlati, E. (2012), "Il vantaggio della modellazione è radicale nella concezione e nella operatività", *Ingenio*, n. 7, pp. 11-12.
- ARUP (2018), "Cities Alive. Green Building Envelope", available at: <https://www.arup.com/perspectives/publications/research/section/cities-alive-green-building-envelope>, (accessed 22 June 2020).
- Ballarini, I., Costantino, A., Fabrizio, E., & Corrado, V. (2019), "The Dynamic Model of EN ISO 52016-1 for the Energy Assessment of Buildings Compared to Simplified and Detailed Simulation Methods", *Proceedings of Building Simulation 2019: 16th Conference of IBPSA*, September 2-4, pp. 3847-3854.
- Bassolino, E. & Ambrosini, L. (2016), "Parametric environmental climate adaptive design: the role of data design to control urban regeneration project of borgo antignano, Naples", *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, n. 216, pp. 948-959.
- Bloem, J.J., Baker, P.H., Strachan, P., Madsen, H. & Vandaele, L. (2010), "DYNASTEE - Dynamic Testing, Analysis and Modelling", *Stimulating Increased Energy Efficiency and Better Building Ventilation. Leading Actions Coordinated by INIVE EEIG and Sources of Other Relevant Information on EU Level and IEA ECBCS Projects*, INIVE EEIG, Brussels, pp. 473-496.
- Chalmers, P. (2014), *Climate Change: Implications for Buildings. Key Findings from the Intergovernmental Panel on Climate Change Fifth Assessment Report*, World Business Council for Sustainable Development, University of Cambridge's Judge Business School, Institute for Sustainability Leadership, available at: https://www.cisl.cam.ac.uk/business-action/low-carbon-transformation/ipcc-climate-science-businessbriefings/pdfs/briefings/IPCC_AR5_Implications_for_Buildings_Briefing_WEB_EN.pdf (accessed 11 June 2020).
- EU (2016), "Guidelines for the promotion of NZEB", *Official Journal of the European Union*, Commission Recommendation 2016/1318, Brussels, available at: <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/f2a71495-5876-11e6-89bd-01aa75ed71a1/language-en>.
- Dell'Acqua, F. (2020), "Il quartiere urbano a prova di clima. Il caso di Amburgo", *UPLanD. Journal of Urban Planning, Landscape & Environmental Design*, vol. 5, n. 1, pp. 77-92.
- EEA European Environment Agency (2017), *Climate change adaptation and disaster risk reduction in Europe*, report n. 15, Publications Office of the European Union, Luxembourg, available at: <https://www.eea.europa.eu/publications/climate-change-adaptation-and-disaster> (accessed 15 September 2020).
- Fotopoulou, A., Ferrante, A., Cattani, E. & Gulli, R. (2016), "Climate Oriented Urban Design. Thermal comfort in urban spaces and energy saving potential in built environments", *Tema: Technology, Engineering, Materials and Architecture*, vol. 2, n. 1, pp. 45-56.
- Hartmann, S. (1996), "The world as a process", *Modelling and simulation in the social sciences from the philosophy of science point of view*, Springer, Dordrecht, pp. 77-100.
- Legambiente (2016), "Le città italiane alla sfida del Clima", available at: https://www.legambiente.it/sites/default/files/docs/le_citta_italiane_alla_sfidadel_clima_2016.pdf (accessed 28 September 2020).
- Losasso, M., Leone, M. & Tersigni, E. (2020), "Approcci di computational design per la rigenerazione resiliente dello spazio pubblico", *Techne. Journal of Technology for Architecture and Environment*, vol. 19, pp. 232-241.
- Lucarelli, M.T. (2017), "L'adattamento' come risposta ai cambiamenti climatici", in Antonini, E. & Tucci, F. (eds), *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, pp. 186-187.
- Milardi, M. (2018), "Adaptive Models for the Energy Efficiency of Building Envelopes", *Journal of Technology Innovations in Renewable Energy*, vol. 6, Lifescience Global, Mississauga, pp. 108-117.
- Trombetta, C. & Milardi, M. (2015), "Building Future lab: a great infrastructure for testing", *Energy procedia*, n. 78, pp. 657-662.
- VV.AA. (2018), "Public research as a support for technological innovation in the architectural envelope sector", *Advanced Building Skins GmbH*, proceedings of the 13th Conference on Advanced Building Skins, October 1-2, 2018, Wilen, Sarnen, Bern.

5. La multiscalarità degli interventi di adattamento climatico: programmi strategici, metaprogettazione e progetti dimostratori

The Multiscalarity of Climate Adaptation Interventions: Strategic Programmes, Meta-design and Demonstration Projects

Fabrizio Tucci, Valeria Cecafosso, Gaia Turchetti
Sapienza Università di Roma

5.1. CONSIDERAZIONI DI INQUADRAMENTO

Il progetto delle trasformazioni urbane, come si coglie dalle riflessioni che accompagnano gli articolati elaborati delle sperimentazioni presentate nella Parte II del libro, si caratterizza per la varietà e vastità degli ambiti interessati dalla ricerca, che vanno da quello architettonico-urbanistico, a quello ecologico, ambientale e paesaggistico fino agli aspetti economici, sociali e culturali. Si tratta di fenomeni distinti, dove la dimensione fisica e visibile dello spazio si intreccia con la dimensione immateriale e invisibile, per pervenire a un delicato punto di equilibrio che si propone di riuscire a tenere in piedi tutte le sfaccettature del complesso sistema.

Tale complessità, se espressa riduttivamente, consente solo una lettura semplificata della città, dei suoi distretti, dei suoi spazi e delle sue architetture, limitandosi a una osservazione secondo principi generali cui sfugge la reale entità delle problematiche a esse sottese, che può condurre a una trattazione inadeguata producendo profonde segmentazioni difficilmente sanabili. Elemento fondamentale è allora interpretare, rappresentare e ricomporre parti eterogenee in una visione interconnessa, per indagare il territorio fisico e sociale delineandone criticità e potenzialità.

Non basta esaminare i singoli aspetti nelle prefigurazioni di intervento di *adaptive design*, ma è necessario cogliere le relazioni tra elementi e sistemi diversi, per stabilirne la natura attraverso continui e profondi salti di scala; è proprio sul rapporto tra le diverse scale che si può basare la capacità di definire i caratteri di un territorio, cogliendone le specificità e rivelandone la domanda di cambiamento sulla quale definire e fissare gli assi strategici del progetto (EEA, 2020).

Ciò è particolarmente vero nel caso di una progettazione ambientale volta al contenimento delle vulnerabilità e degli effetti dei cambiamenti climatici, i quali introducono specifiche condizioni di rischio nelle aree urbane che determinano progressivi (e sempre più significativi) impatti sull'ambiente, sulla salute e più in generale sul contesto economico sociale locale (EEA, 2018a; SGGE, 2017). I cambiamenti climatici possono, infatti, indurre alcuni eventi estremi legati a ondate di calore, isole di calore, precipitazioni di straordinaria intensità, tempeste, *pluvial flooding*, *river flooding*, alluvioni, fenomeni di aridità e siccità, ventosità estreme, cicloni, uragani, tifoni (Dosio, 2016; IPCC, 2018; ISPRA, 2018). Ognuno di questi eventi legati al cambiamento climatico può generare effetti secondari o aggravare l'impatto di altri *hazard* secondo uno schema a cascata. Queste problematiche sono emerse anche nelle aree oggetto di indagine e si sottolinea che la scelta dei siti è stata operata sulla base di quattro macro obiettivi delineati a livello internazionale: contrasto al fenomeno di isola

5.1. CONTEXT FRAMEWORK

Urban transformation project, as may be grasped from the reflections accompanying the articulated papers of the experiments presented in Part 2 of the book, is characterized by the variety and vastness of the environments affected by the research, which range from the architectural-urban planning environment to the setting of ecology, environment, and landscape, and to economic, social, and cultural aspects. These are distinct phenomena, in which the physical and visible dimension of space is intertwined with the immaterial and invisible dimension, arriving at a delicate point of equilibrium that is proposed to be able to keep all the facets in the complex system standing. This complexity, if expressed reductively, permits only a simplified reading of the city, its districts, its spaces, and its architectures, going no further than an observation in accordance with general principles on which the real extent of the problems underlying them are lost. This may lead to inadequate treatment, producing segmentations that are difficult to remedy. A fundamental element, then, is to interpret and represent heterogeneous parts, and to put them back together in an interconnected vision in order to investigate the physical territory while outlining its criticalities and potentials. It is not enough to examine the individual aspects in the earlier versions of adaptive design intervention. The relationships between different elements and systems must be grasped in order to establish their nature through continuous and thoroughgoing leaps of scale, by grasping specific territory's characteristics and revealing its demand for change upon which to define and establish the project's strategic axes (EEA, 2020). This is particularly the case with an environmental design aimed at containing vulnerabilities and the effects of climate change, which introduce specific risk conditions in urban areas, resulting in progressive (and increasingly significant) impacts on the environment, on health, and more generally on the local social and economic context (EEA, 2018a; SGGE, 2017). Climate change can in fact induce certain extreme events connected to heat waves, heat islands, extraordinarily intense precipitation, pluvial flooding, river flooding, aridity and drought phenomena, extreme winds, cyclones, hurricanes, and typhoons

(Dosio, 2016; IPCC, 2018; ISpra, 2018). Each of these events linked to climate change can generate secondary effects or aggravate the impact of other hazards by a cascading effect. These problems also emerged in the survey areas, and it is stressed that the choice of sites was made on the basis of four macro-objectives outlined on an international level: combating the phenomenon of the urban heat island, improving air quality, sustainable water management, and combating climate change (OECD, 2010; EEA, 2018b; WMO, 2020). However, impacts and vulnerabilities are sensitive and specific for each setting and, therefore, adaptation and mitigation strategies have greater effect if there is detailed knowledge of the contexts, commensurate with the specific nature of the scales of application and aimed at planned interventions. Among other things, the levels of uncertainty regard not only the climate, but other processes as well, such as socioeconomic and political ones that can result in vulnerability: for this reason, various strategies to contain risk are adopted (EC, 2017; WEF, 2018). Noteworthy among these are the approaches classified as “no regrets” or “low regrets”: those with safety margins, and flexible ones (Hallegatte, 2009). The “low” options correspond – merely by way of example; this is by no means an exhaustive list – to early warning systems in the event of floods and heat waves, or the extension of green and blue spaces in cities to improve living conditions, or decisive actions to limit land consumption, and so on. Interventions with “safety margins” may include, again by way of example, those of storing excess water in the event of flooding, with land modelling, with lowered plazas, and with ad hoc conformations of urban exterior spaces; those of using parks and car parks as buffer spaces; those of a design of water supply and provisioning networks in such a way as to guarantee the system’s connectivity even in the presence of extreme climate events; and so on. Buildings, roads, and open spaces must therefore be climate-proofed with respect to climate projections generally covering 50 to 100 years, and therefore for a period longer than the one ranging from 20 to a maximum of 40 years, the average time frame established in urban planning strategies (Füssel, 2007; EEA, 2016; Tucci & Sposito, 2020). Adaptation efforts must also incorporate “flexible” options in order to deal with the changeable climate uncertainties and risks. The adaptation process itself must be flexible and leave room for revisions along the way, monitoring of the results, and potential adjustment actions, while incorporating the essential requirement of flexibility in architectural, environmental, and urban planning, as well as the design of transport and of all other types of infrastructure (UN Habitat, 2016; EEA, 2018a). The complexity in designing “multiscale” systems is certainly (and significantly) greater than that of conventional systems, because besides the interactions among the components, the “scalar” relationships among the observed phenomena

di calore urbana, miglioramento della qualità dell’aria, gestione sostenibile delle acque, contrasto al *climate change* (OECD, 2010; EEA, 2018b; WMO, 2020). La definizione di scenari di rischio indotti dai cambiamenti climatici a livello locale rappresenta un aspetto essenziale per la valutazione del grado di vulnerabilità delle aree urbane e la conseguente definizione di strategie di adattamento e di mitigazione. Gli impatti e le vulnerabilità sono tuttavia sensibili e specifici per ciascun contesto e, pertanto, le strategie per l’adattamento e la mitigazione hanno maggiore efficacia se vi è una conoscenza dettagliata dei contesti, commisurata alla specificità delle scale di applicazione e finalizzata agli interventi previsti. Tra l’altro, i livelli di incertezza non riguardano solo il clima ma anche altri processi come quelli socio-economici e politici che possono determinare vulnerabilità: per questo vengono adottate diverse strategie per contenerne l’alea (EC, 2017; WEF, 2018). Fra queste si ricordano gli approcci classificati in *no regrets* o *low regrets*, quelli con “margini di sicurezza” e quelli *flexible* (Hallegatte, 2009). Le opzioni *low* corrispondono, a titolo puramente esemplificativo e assolutamente non esaustivo, a sistemi di allarme rapido in caso di alluvioni e di ondate di calore o l’estensione degli spazi verdi e blu nelle città per migliorare le condizioni di vita, o ad azioni incisive nella limitazione del consumo di suolo, etc. Gli interventi con “margini di sicurezza” possono essere, sempre a titolo esemplificativo, quelli di immagazzinamento dell’acqua in eccesso in caso di allagamento con modellamenti del suolo, con piazze ribassate, con conformazioni *ad hoc* degli spazi esterni urbani; quelli di impiego di parchi e parcheggi come *buffer space*; quelli di una progettazione delle reti di alimentazione e di approvvigionamento idrico in modo tale da garantire la connettività del sistema anche in presenza di eventi climatici estremi, etc. Edifici, strade e spazi aperti devono essere pertanto *climate proofing* in previsione di proiezioni climatiche che coprono generalmente da 50 a 100 anni, quindi un periodo più lungo rispetto a quello che va dai 20 anni fino a un massimo di 40 anni, quale arco temporale previsto mediamente nelle strategie di pianificazione urbana (Füssel, 2007; EEA, 2016; Tucci & Sposito, 2020). Gli sforzi di adattamento devono inoltre incorporare opzioni “flessibili” per far fronte ai mutevoli rischi e incertezze climatici. Lo stesso processo di adattamento deve essere flessibile e lasciare spazio a revisioni in corso, monitoraggio dei risultati e potenziali azioni di adeguamento, incorporando il requisito essenziale della flessibilità nella progettazione architettonica, ambientale, urbana, dei trasporti e di tutte

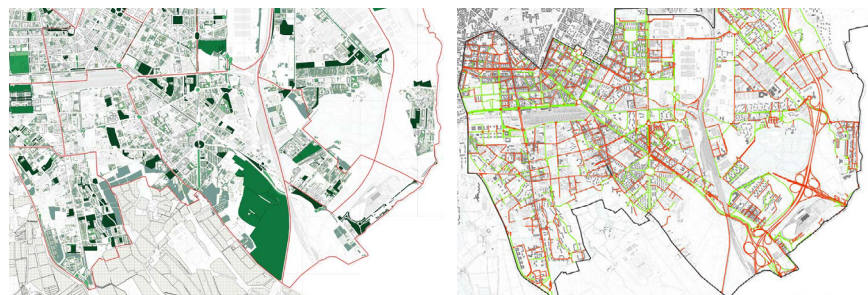


Fig. 1 - Esempio di lettura diacronica e sincronica del territorio che, per layer, individua i punti di forza e di debolezza del territorio / Example of a diachronic and synchronic reading of the territory which identifies the strengths and weaknesses by layers (Source: Elaboration by Research Unit Politecnico di Milano).

le altre tipologie di infrastrutture (UN Habitat, 2016; EEA, 2018a). La complessità nella progettazione di sistemi “multiscala” è certamente (e significativamente) maggiore rispetto a quella dei sistemi convenzionali, perché oltre alle interazioni tra i componenti, sono centrali e importanti anche le relazioni “scalari” tra i fenomeni osservati. Pertanto, la sfida risiede nella gestione di tale complessità, nell’utilizzo dei modelli di simulazione e nell’impiego delle informazioni disponibili in modo efficiente per poter supportare un processo decisionale nella maniera più efficiente ed efficace.

5.2. PROGRAMMI STRATEGICI

È proprio nei su-richiamati processi multiscalarli e interdisciplinari che si può realizzare una compenetrazione di strategie imprescindibili oggi, basata su tre assi principali, incentrati rispettivamente: su azioni “strutturanti”, volte ad aumentare la capacità adattiva delle componenti artificiali dell’area urbana oggetto dell’intervento (azioni di tipo strutturale “grey”); su categorie di interventi di carattere “biofisico” e “bioclimatico” incentrate sull’aumento della resilienza ecosistemica della componente naturale (o “a valenza naturale”) dell’area urbana in relazione al costruito (azioni infra-strutturali “green”); e su azioni che mirano a far maturare una consapevolezza sul tema dei cambiamenti climatici e delle concrete ripercussioni in chi abita e utilizza l’area (azioni sovra-strutturali “soft”), raccordando le politiche nazionali e sovranazionali con le specificità di ogni contesto (Tucci et al., 2020).

Si hanno così tre fondamentali macro dimensioni:

- una dimensione “conoscitiva” (*knowledge dimension*), che include non solo l’educazione, ma anche la raccolta e l’accesso alle informazioni;
- una dimensione “capacitiva” (*ability dimension*), collegata all’abilità/capacità di una società di progettare e attuare misure di adattamento ed è associata all’accesso e accessibilità a tecnologia e infrastrutture;
- una dimensione “operativa” (*operational dimension*), che si riferisce all’implementazione delle soluzioni di adattamento ed è associata alle risorse economiche disponibili e all’efficacia dell’azione delle istituzioni.

Lo sviluppo di risorse tecnologiche e l’accesso a tali risorse possono senza dubbio contribuire alla progettazione e all’utilizzo delle misure di adattamento. Questi processi, infatti, non si basano solo sulla disponibilità di risorse economiche, capitali e mezzi finanziari, ma anche su quella del capitale umano, che è parte importante della capacità di adattamento (Antonini & Tucci, 2017). Tale approccio non deterministico ma di integrazione circolare dei diversi piani di lettura, da quello economico a quello sociale e culturale, è fondamentale nella formulazione progettuale delle strategie dell’intervento.

Il programma strategico si raccorda con le linee dettate dai piani di adattamento ambientali sovranazionali e nazionali in funzione delle disponibilità delle risorse e dei soggetti coinvolti. Esso mira a individuare i principali elementi di rischio delle criticità ambientali per stabilire le priorità di intervento di rigenerazione *climate oriented* che determinano i maggiori benefici a livello globale valutando i livelli di vulnerabilità climatica sia nelle ipotesi di eventi ordinari, sia nelle situazioni estreme attraverso la definizione di indici e parametri ambientali per le fasi di analisi, verifica e monitoraggio del progetto e di un possibile sviluppo temporale

are central and important as well. The challenge therefore lies in managing this complexity, in using simulation models, and in employing the available information efficiently in order to be able to support a decision-making process in the most efficient and effective way.

5.2. STRATEGIC PROGRAMMES

It is precisely in the aforementioned multiscale and interdisciplinary processes that an intermingling of strategies can be achieved, based on three main axes focusing respectively: on “structuring” actions aimed at augmenting the adaptive capacity of the artificial components of the intervention area (actions of the “grey” structural type); on categories of “biophysical” and “bioclimatic” interventions focusing on increasing the ecosystemic resilience of the natural component (or “natural value” component) of the urban area in relation to what is built (infrastructural “green” actions); and on actions aiming to increase awareness of the theme of climate change and of the concrete repercussions on those inhabiting and using the area (“soft” superstructural actions), by linking national and supranational policies to the specific features of each context (Tucci et al., 2020).

There are therefore three fundamental macro dimensions:

- *a knowledge dimension, which includes not only education, but also the collection and access to information;*
- *an ability dimension, linked to a society’s ability/capacity to plan/implement adaptation measures, which is associated with access to and accessibility of technology and infrastructures;*
- *an operational dimension, which refers to adaptation solutions and is associated with available economic resources and the effectiveness of institutions’ actions.*

These processes are not based only on the availability of economic resources, capital, and financial means, but also on the human capital, which is a major part of adaptive capacity (Antonini & Tucci, 2017). This approach - not deterministic but of circular integration of the various planes of interpretation, from economic to social and cultural - is essential in the design formulation of intervention strategies. The strategic programme is linked to the lines dictated by the supranational and national environmental adaptation plans, according to the availability of resources and the subjects involved. It aims to identify the main risk elements of the environmental criticalities, in order to establish the intervention priorities for climate-oriented regeneration that result in the greatest benefits on a global level. This is done by assessing climate vulnerability levels both in cases of ordinary events and in extreme situations, through the definition of environmental in-

dices and parameters for the phases of analyzing, verifying, and monitoring the project, and of a possible development –temporally and in terms of process– of experimentations. The importance of soft actions is also taking on increasingly meaning in relation to the issues of co-design and shared participation with stakeholders, towards a participatory development aimed at supporting local communities in developing bottom-up approaches, innovative actions, entrepreneurial practices, and resilient behaviour, as promoted by the EC with Community-led Local Development (CLLD), to avoid the failure of many earlier policies (EC, 2014). It is essential, then, to determine criteria for selecting local strategies as key instruments for guaranteeing high quality in identifying projects, taking different aspects into account: from the extent to which the strategy focuses on the problems of greatest relevance for the area, to the identification of reliable data and indicators, and of measurable and realistically achievable goals.

5.3. META-DESIGN

To meet this challenge, information and computing resources can be used in an efficient manner by conceiving, planning, and designing the design processes (meta-design) in order to build an integrated framework and have a comprehensive project of its process. The meta-design phase is preceded by the typing of the spaces, which plays the role of a link between the cognitive framework and the results of the repertoire of spatial and technological adaptation solutions. Public space is qualified with respect to its typological and morphological components and in relation to environmental criticalities through their typing. These criteria also refer to the presence of green infrastructures and of environmental quality indicators, and represent the start of the meta-design phase, with the aim of developing strategic prefigurations and assessing the effectiveness of the climate adaptation solutions with regard to the impacts to be combated with solutions systematized in a matrix repertoire in order to permit the restitution of a useful dynamic scenario. Meta-design therefore defines a methodology for identifying criteria and requirements of the design area's environmental system and technological system, aimed at providing a field of design variations with different scenarios representing flexible alternatives compatible with the study area, that correspond to specific groups of technical-design solutions which will be applied to the demonstration designs. Meta-design, however, is to be understood not only as a "matrix of multiple designs," but as an instrument of progressive decision-making action capable of defining, at the different and most opportune moments, the objectives that could be specified up to that time, and the corresponding modes of management and control. Therefore, the objective of me-

e processuale delle sperimentazioni. L'importanza delle azioni *soft* si fa sempre più pregnante anche in relazione ai temi della co-progettazione e partecipazione condivisa con gli *stakeholder*, verso uno sviluppo di tipo partecipativo volto a sostenere le comunità locali nell'elaborazione di approcci *bottom-up*, azioni innovative, pratiche imprenditoriali e comportamenti resilienti, come promosso dalla Commissione Europea con il Community-led Local Development (CLLD), con la finalità di scongiurare il fallimento di molte delle precedenti politiche (EC, 2014).

È fondamentale, quindi, individuare criteri di selezione delle strategie locali quali strumenti chiave per garantire un'elevata qualità nella individuazione di progetti, prendendo in considerazione differenti aspetti: dalla misura in cui la strategia è incentrata sulle problematiche più rilevanti per la zona, alla individuazione di dati e indicatori affidabili e di obiettivi misurabili e realisticamente raggiungibili.

5.3. METAPROGETTO

Per affrontare questa sfida, le informazioni e le risorse computazionali possono essere utilizzate in modo efficiente pensando, pianificando e progettando processi di progettazione (*meta-design*) in modo da costruire un quadro integrato e avere un progetto comprensivo del suo processo.

La fase meta-progettuale è preceduta dalla tipizzazione degli spazi che svolge il ruolo di anello di congiunzione tra il quadro conoscitivo e i risultati del repertorio di soluzioni spaziali e tecnologiche di adattamento. Lo spazio pubblico viene qualificato rispetto alle sue componenti tipologiche e morfologiche e in relazione alle criticità ambientali attraverso la tipizzazione degli stessi. Tali criteri fanno riferimento inoltre alla presenza di infrastrutture verdi e di indicatori di qualità ambientale, e rappresentano l'avvio della fase metaprogettuale con l'obiettivo di elaborare prefigurazioni strategiche e valutare l'efficacia delle soluzioni di adattamento climatico nei confronti degli impatti che si vogliono contrastare con soluzioni sistematizzate in un repertorio matriciale, al fine di consentire la restituzione di un utile scenario dinamico.

La metaprogettazione definisce pertanto una metodologia per l'individuazione di criteri e requisiti del sistema ambientale e del sistema tecnologico dell'area progettuale finalizzata a fornire un campo di variazioni progettuali con scenari diversi rappresentanti alternative flessibili e compatibili con l'area di studio, che corrispondono a specifici gruppi di soluzioni tecnico-progettuali che verranno applicati ai progetti dimostratori. Il metaprogetto è però da intendere non solo come "matrice di progetti" multipli, ma come strumento di azione decisionale progressiva in grado di definire, nei diversi e più opportuni momenti, gli obiettivi sino ad allora precisabili e le corrispondenti modalità di controllo e gestione. Pertanto, obiettivo del metaprogetto è la gestione e l'indirizzo strategico del processo di transizione tra la fase di istruttoria del progetto e la fase di formalizzazione e sintesi dello stesso, che può articolarsi in: fase analitica e fase concettuale.

La prima è una fase di analisi e ricerca del contesto in cui il progetto si andrà a inserire, considerando sia i requisiti di volume e di utilizzazione degli spazi sia le condizioni ambientali e usi, costumi, tradizioni e avvenimenti storici da tener presente. All'interno di questa fase si analizza il tipo di utente (*target* di riferimento) cui è indirizzato il prodotto, si scelgono materiali, colori e lavorazioni produttive,

si valuta l'efficacia del messaggio che si vuole trasmettere e si verificano esperienze pregresse per evitare eventuali errori già commessi o, al contrario, per ispirarsi ai risultati positivi da esse ottenuti. La fase concettuale è invece finalizzata a concretizzare quanto rappresentato nella fase analitica e a considerare i vincoli di varia natura presenti (tecnici, economici, giuridici). Ne discende che il riferimento a un approccio sistemico e il carattere esigenziale-prestazionale fanno assumere alla metaprogettazione la funzione di linee-guida di indirizzo per la progettazione e di strumento di controllo della qualità del progetto, e il *concept* realizzato potrà così passare alle fasi successive di sviluppo progettuale.

5.4. PROGETTI DIMOSTRATORI

Gli scenari metaprogettuali sono stati sperimentati attraverso progetti dimostratori in aree urbane, riscontrati con indicatori specifici nelle diverse configurazioni, al fine di fissare soglie di efficacia degli interventi con il relativo grado di trasformabilità. Le aree campione hanno riguardato macroaree e subaree come modelli sperimentali, per ottenere benefici diffusi in termini di adattamento climatico e vivibilità urbana, trasferibili e riproducibili in contesti similari.

Le analisi ambientali sulle aree di sperimentazione sono state effettuate con rilievi diretti, con modellazioni virtuali di *software* simulativi, e anche con *testing* in laboratorio adottando quindi un approccio misurabile e verificabile. Le ipotesi progettuali sono state definite a livello di soluzioni tecnologico-ambientali, tecniche e materiche, nell'ambito di prefigurate alternative valutate in relazione ai benefici conseguibili in termini di risposta adattiva e di rigenerazione urbana.

Gli studi hanno nella metodologia adottata un punto di elaborazione dettagliato

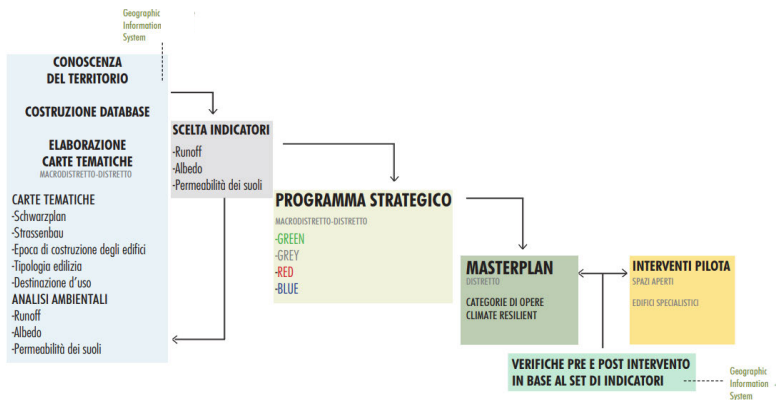


Fig. 2 - Relazione fra il quadro conoscitivo e gli indirizzi strategici, metaprogettuali e operativi degli interventi pilota per il Distretto urbano di Soccavo. Si evidenzia il ruolo dei sistemi informativi per la gestione e l'interrogabilità dei dati, dei processi di retroazione e dei processi di verifica, confrontabilità e replicabilità degli esiti / *Relationship between the cognitive framework and the strategic, meta-planning and operational guidelines of the pilot interventions for the Urban District of Soccavo. The role of information systems for the management and interrogation of data, feedback processes and the verification, comparability and replicability of the results is highlighted* (Source: Elaboration by Chiara Cerino and Francesca Di Biase, thesis, 2020).

ta-design is the management and strategic guidance of the transition process between the design examination phase and the phase of its formalization and synthesis, which may be articulated into: the analytical phase and the conceptual phase. The analytical phase is a phase of research and analysis of the context the design is to be inserted into. Within this phase, the type of user to whom the product is directed (reference target) is analyzed, materials, colours, and production processes are chosen, the effectiveness of the message to be transmitted is assessed, and prior experiences are verified in order to avoid any errors already committed or, conversely, in order to take inspiration from the positive results obtained they achieved. The conceptual phase, on the other hand, is aimed at making tangible what was represented in the analytical phase, and at considering the constraints of various nature that are present. It follows that reference to a systemic approach and its nature in terms of requirements/performance cause meta-design to take on the function of guidelines for design and of a tool for controlling the design's quality, and the realized concept may then go on to the subsequent phases of design development.

5.4. DEMONSTRATION DESIGNS

The meta-design scenarios were trialled through demonstration designs in urban areas, found with specific indicators in different configurations, in order to establish thresholds of effectiveness of the interventions, with the related degree of transformability. The sample areas regarded macro-areas and sub-areas as experimental models, in order to obtain widespread benefits in terms of climate adaptation and urban livability, transferable to and reproducible in similar contexts. The environmental analyses on the experimentation areas were carried out with direct surveys, with virtual modelling using simulation software, and with laboratory testing, thus adopting a measurable and verifiable approach. The design hypotheses were defined at the level of technological/environmental, technical, and material solutions, in the setting of anticipated alternatives assessed in relation to the benefits that can be achieved in terms of adaptive response and urban regeneration. The contributions start by clearly outlining the problem to be faced, permit a rigorous configuration of the forms of investigation, perform in-depth conceptual analyses while specifying the criteria and constraints applied in the individual experimentations and the various techniques used, and take stock of the expected results. The research relied on GIS systems and on simulation tools for the processes analysis and assessment and for the preparation of indicators sets for climate-proofing, considered in the ex ante and ex post situation, highlighting the improvements recorded by the adaptive design actions with the strategic objective of increasing

Inquadramento fotosatellitare



Planimetria delle previsioni urbanistiche



Modellazione ENVI-met: vegetazione



Modellazione ENVI-met: pavement al suolo



Fig. 3 - Lettura per *layer* e integrazione dei tematismi trasversale per la comprensione e qualificazione dello spazio / *Layer and integration of the transversal themes for the understanding and qualification of the space* (Source: Elaboration by Research Unit Università degli Studi di Firenze).

the adaptive capacity of urban places subject to the demonstration design intervention. The GIS model offers a localized and dimensioned database enriched with strategic information for the intervention's design, execution, and management. Moreover, the modelling and simulation process made it possible to evaluate the impacts and effects in terms of bioclimatic-environmental performance, with the aim to overall improvement of the conditions of environmental comfort and of the capacity to adapt to the changes caused by climate change. Regeneration is also connected to urban resilience and to the processes of construction retrofitting through actions of framing the urban systems in such a way that, in variable conditions, they are capable of greater adaptation and higher systemic flexibility, and for which the simulation of behaviour and of response alternatives can be anticipated.

5.5. CONCLUSIONS

The experimentation made it possible to explore methods and implement Adaptive Climate models able to face the environmental risks and events that the city must increasingly grapple with, while safeguarding the quality of use of the public and residential space that is its very essence, and its ability to express innovation and development, and while reinventing itself as sustainable and resilient in order to face a future that is not without elements of uncertainty. The experimentation done as part of this PRIN research therefore consists of a full-blown assay of the contribution that the disciplinary sector of the Architectural Technology can help provide in association with other specialists, operators, and final users, by implementing the particular feature of the approach and strategic thinking, and by combining architecture with the data and digital tools. This is in the awareness that it is now indispensable also to base design choices upon dialogue with the

ed esaustivo dei processi attivati. I contributi si muovono delineando con chiarezza il problema da affrontare, consentono una rigorosa configurazione delle forme di indagine, compiono approfondite analisi concettuali specificando i criteri e i vincoli applicati nelle singole sperimentazioni e le diverse tecniche utilizzate, e tracciano un bilancio conclusivo dei risultati che si attendono. La ricerca si è avvalsa di sistemi GIS e degli strumenti di simulazione per l'analisi e la valutazione dei processi e per la messa a punto di *set* di indicatori per il *climate-proof* considerate nella situazione *ex ante* ed *ex post*, evidenziando i miglioramenti registrati dalle azioni di *adaptive design* con l'obiettivo strategico di aumentare la capacità di adattamento dei luoghi urbani oggetto dell'intervento progettuale dimostratore. Il modello GIS offre un *database* localizzato e dimensionato, arricchito di informazioni strategiche per la progettazione, l'esecuzione e la gestione dell'intervento. Inoltre il processo di *modelling* e *simulation*, effettuato con opportuni strumenti, ha consentito di valutare gli impatti e gli effetti delle scelte progettuali in termini di *performance* bioclimatico-ambientali, con l'obiettivo del complessivo miglioramento delle condizioni di *comfort* ambientale e della capacità di adattamento ai mutamenti derivanti dal *climate change*. La rigenerazione risulta inoltre connessa alla resilienza urbana e ai processi di *retrofit* edilizio attraverso azioni di inquadramento dei sistemi urbani in modo che, in condizioni variabili, siano capaci di un maggiore adattamento e una più elevata duttilità sistemica, e per i quali sia possibile prefigurare la simulazione dei comportamenti e delle alternative di risposta.

5.5. CONCLUSIONI

La sperimentazione ha consentito l'esplorazione di metodiche e l'implementazione di modelli *Adaptive Climate* in grado di fronteggiare i rischi ambientali e gli eventi cui sempre più spesso la città deve misurarsi, salvaguardando la qualità fruitiva dello spazio pubblico e residenziale che è la sua essenza stessa e la sua grande capacità di esprimere innovazione e sviluppo, e reinventandosi sostenibile e resiliente per affrontare un futuro non privo di elementi di incertezza. La sperimentazione operata nell'ambito di questa ricerca PRIN costituisce pertanto

un vero e proprio saggio del contributo che il settore disciplinare della Tecnologia dell'Architettura può concorrere a fornire in associazione con altri specialisti, operatori e destinatari finali, mettendo in campo la peculiarità dell'approccio e del pensiero strategico che le è proprio, e coniugando l'architettura con i dati e con una strumentazione digitale, nella consapevolezza che è ormai imprescindibile improntare le scelte progettuali anche sul confronto con la logica della misura e della verificabilità, dimostrandosi sempre aperti a cogliere le innovazioni tecnologiche per tradurle in pratica progettuale di rigenerazione urbana. Gli obiettivi alla base dei processi che hanno portato alla definizione dei progetti presentati in questo volume sono incentrati nel dimostrare la biunivocità tra la ricerca e la pratica, tra produzione di conoscenza e di soluzioni applicative. Il processo di definizione di una soluzione dà ai progetti pilota il carattere di progetti dimostratori che rendono operativa la ricerca e allo stesso tempo incrementano la ricerca, consentendo una circolarità di approfondimento della conoscenza attraverso l'operatività e viceversa. La scelta di operare secondo il metodo *Research through Design* in cui, partendo da un visione d'insieme territoriale, si è cercato di identificare i luoghi dove applicare soluzioni "di dettaglio" nell'ambito dimensionale dei distretti urbani da riconnettere a un *framework* generale, fa emergere un approccio integrato che definisce un processo svolto in maniera multi-scalare e inter-disciplinare, per alcuni versi e in alcuni momenti addirittura infra-disciplinare. L'evoluzione di tale approccio incentrato sull'utente e sul *co-design* sta cambiando i ruoli del progettista, del ricercatore e dell'utente, superando le definizioni stesse di questi termini,

logic of measurement and verifiability, always proving to be open to grasping technological innovations to translate them into urban regeneration design practice. The objectives underlying the processes that led to the definition of the designs presented in this volume focus on demonstrating the biunivocity between research and practice, knowledge production and the production of applicative solutions. The process of defining a solution gives the pilot designs the nature of demonstration designs that make the research operative, and at the same time grow research, allowing a circularity of deepening knowledge through operativity and vice versa. The choice of operating according to the Research through Design method in which, starting from a territorial overview, the attempt was made to identify the places where to apply "detailed" solutions in the urban districts dimensional setting to be reconnected to a general framework, highlights an integrated approach that defines a process carried out in a multiscale and interdisciplinary (and from certain standpoints and in certain times, infra-disciplinary) way. The evolution of this user- and co-design-focused approach is changing the roles of the designer, the researcher, and the user, overcoming these terms' very definitions, especially those of designer on the one hand and user on the other.

This approach is applicable to multiple scales and to different

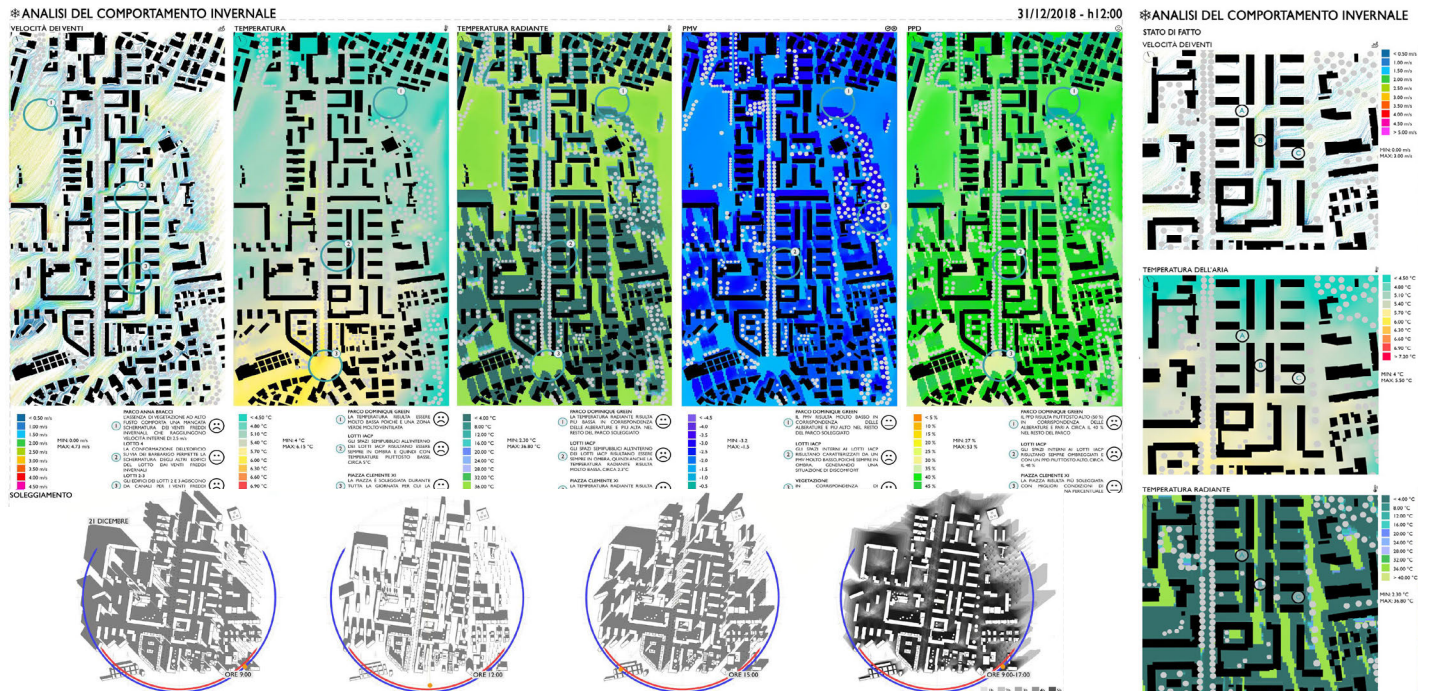


Fig. 4 - Processi di *modelling and simulation* adottati sulle relative aree di studio in senso fortemente multiscale, con processi di *feed back* tra una scala e l'altra / *Modeling and simulation processes* adopted on the related study areas in a strongly multiscale sense, with *feed back* processes between one scale and another (Source: Elaboration by Research Unit Sapienza Università di Roma).

processes, including those that, through “one step at a time” operations marked by a careful assessment of the current state and by constant dialogue with the parties involved, allow to design actions that meet the complex needs of a specific urban context in terms of effectiveness and efficiency, and in relation to the pre-established adaptation goals.

The success of climate adaptation is closely connected to the ability to operate it transversally, from a triple perspective: transversally across methodologies, from strategic to applicative; transversally across disciplines, between the different sectors of knowing and knowing how; and transversally across scales, on the various scales of investigation and operativity. The moments of strategic conception, meta-design and design development, especially if and when aimed at a demonstrative character, must involve close collaboration among all the players in the decision-making process, and this is possible only by working in a multiscale (tending to a-scalar) and interdisciplinary (tending to infra-disciplinary) way, bridging the divide among the various sectors and levels of intervention.

soprattutto quelle di progettista da una parte e di utente dall'altra. Le implicazioni di questo mutamento sulla formazione dei futuri operatori del cambiamento sono enormi, creando nuovi domini di creatività collettiva. Questo approccio è applicabile alle molteplici scale e ai differenti processi, compresi quelli che, attraverso operazioni *one step at a time*, caratterizzati da un'attenta valutazione dello stato di fatto e da un costante dialogo con i soggetti coinvolti, consentono di progettare azioni che soddisfano le complesse esigenze di uno specifico contesto urbano in termini di efficacia e di efficienza e in relazione agli obiettivi di adattamento prefissati. Il successo dell'adattamento climatico è strettamente connesso con la capacità di operarlo in modo trasversale su una triplice ottica: trasversale sul piano metodologico, da quello strategico a quello applicativo; trasversale sul piano disciplinare, tra diversi settori del sapere e del saper fare; trasversale sul piano scalare, alle varie scale di indagine e di operatività. I momenti della concezione strategica, dello sviluppo metaprogettuale e della progettazione, tanto più se e quando mirata a un carattere dimostrativo, devono implicare una stretta collaborazione fra tutti gli attori del processo decisionale, e ciò è possibile solo lavorando in maniera multi-scalare (tendente alla a-scalare) e inter-disciplinare (tendente alla infra-disciplinare), colmando il divario tra i diversi settori e livelli di intervento.

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 / Architecture, city and territory towards a Green Economy. Building a Manifesto of the Green Economy for the Architecture and the City of the Future*, Edizioni Ambiente, Milano.
- Dosio, A. (2016), “Projections of climate change indices of temperature and precipitation from an ensemble of bias-adjusted high-resolution EURO-CORDEX regional climate models”, *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 121, pp. 5488-5511.
- EC European Commission (2014), *Community-led local development*, EU Publishing, Brussels.
- EC European Commission (2017), *Report on the Implementation of the Circular Economy Action Plan*, EU Publishing, Brussels.
- EEA European Environment Agency (2016), *Urban Adaptation to Climate Change in Europe*, Publications Office of the European Union, Copenhagen.
- EEA European Environment Agency (2018a), *National climate change vulnerability and risk assessments in Europe*, Publications Office of the European Union, Luxembourg.
- EEA European Environment Agency (2018b), *Adapting to climate change: European countries assess vulnerability and risks*, Publications Office of the European Union, Luxembourg.
- EEA European Environment Agency (2020), *Adattamento urbano in Europa: come le città e le città rispondono ai cambiamenti climatici*, report n. 12, Publications Office of the European Union, Luxembourg.
- Füssel, H.M. (2007), “Adaptation planning for climate change: concepts, assessment approaches and key lessons”, *Sust. Science*, vol. 2, pp. 265–275.
- Hallegatte, S. (2009), “Strategies to adapt to an uncertain climate change”, *Global Environmental Change*, vol. 19, n. 2, pp. 240–247.
- IPCC Intergovernmental Panel on Climate Change (2018), *Special Report. Global warming of 1.5°C*, IPCC, Geneva.
- ISPRA (2018), *Dissesto idrogeologico in Italia: pericolosità e indicatori di rischio*, ISPRA Edizione, Roma.
- OECD Organisation for Economic Cooperation Development (2010), *Cities and Climate Change*, OECD Publishing, Paris.
- SGGE Stati Generali Green Economy (2017), *La Città Futura. Manifesto della Green Economy per l'architettura e l'urbanistica*, SUSDEF, Roma.
- Tucci, F., Cecafosso, V., Caruso, A. & Turchetti, G. (2020), *Adattamento ai cambiamenti climatici di architetture e città green. Assi strategici, indirizzi, azioni d'intervento per la resilienza dell'ambiente costruito*, Franco Angeli, Milano.
- Tucci, F. & Sposito, C. (eds) (2020), *Resilience between Mitigation and Adaptation*, Palermo Univesity Press, Palermo.
- UN Habitat (2016), *Urbanization and Development: Emerging Futures*, United Nations Human Settlements Programme Publishing, London.
- WEF World Economic Forum (2018), *The Global Risks Report 2018*, 13th Edition, World Economic Forum, Cologny/Geneva.
- WMO World Meteorological Organization (2020), *Provisional Report on the State of the Global Climate*, WMO, Geneva.

6. Strategie e azioni di adattamento climatico: interazioni disciplinari e multiculturali per un collaborative design

Climate Adaptation Strategies and Actions: Disciplinary and Multicultural Interactions for Collaborative Design

Mario Losasso, Marina Rigillo
Università degli Studi di Napoli Federico II

6.1 PER UNA “ECOLOGIA DELLE IDEE”: APPROCCI COLLABORATIVI E RICERCA IN PROGETTAZIONE AMBIENTALE

La crisi climatica ha drammaticamente evidenziato la condizione interconnessa e globale che caratterizza le sfide del presente (inclusa quella pandemica). Le anticipazioni avanguardiste della fine degli anni '80 del secolo scorso avevano già rivelato la natura socio-tecnica della questione ecologica, non riconducibile a un esclusivo fatto disciplinare, o alla sensibilità di *élite* intellettuali, ma piuttosto - e decisamente - a questione sociale nella misura in cui il cambio di passo richiesto al sistema produttivo ed economico per la riduzione del rischio passa necessariamente per un'estesa condivisione di obiettivi e strategie. Guattari, in particolare, nel saggio *Le tre Ecologie* (1989) scritto a valle del disastro di Chernobyl, mette in guardia da spiegazioni esclusivamente specialistiche affermando che: «the only true response to the ecological crisis is on a global scale, provided that it brings about an authentic political, social and cultural revolution, reshaping the objectives of the production of both material and immaterial assets» (Guattari, 1989, pp.28).

La posizione di Guattari esprime la natura “orizzontale” della questione ecologica rispetto ai modelli consolidati della *top-down research*, e indica nella responsabilità sociale e nell'educazione collettiva gli strumenti essenziali per il successo delle politiche ambientali e della ricerca stessa. Un approccio che trova oggi una sua piena validazione non solo nel lavoro di intellettuali dichiaratamente impegnati nella questione climatica (come Naomi Klein o Timothy Morton), ma anche nelle sperimentazioni progettuali di centri di ricerca come lo IAAC (Institute for Advanced Architecture Catalunya) o nelle trasposizioni artistiche, sempre di più orientate a portare il dibattito culturale sulla percezione collettiva del rischio e sui cambiamenti che quest'ultimo determinerà sugli stili di vita¹.

Queste posizioni sono inoltre molto consolidate nella documentazione tecnica. Già nel 2012, il *report* dell'IPCC, nel capitolo V, portava l'attenzione sui comportamenti sociali come fattore chiave per il successo di strategie proattive volte a sviluppare comportamenti virtuosi da parte della comunità insediata e funzionale a generare risposte adeguate sia in termini tecniche che sociali alla scala locale

¹ Molto esplicito, in tal senso, l'obiettivo di alcune esperienze recenti, come la mostra “Broken Nature”, curata da Paola Antonelli per la XXII Triennale di Milano (1 marzo – 1 settembre 2019) piuttosto che quella intitolata “Después del fin del Mundo”, realizzata a Barcellona a cura di Rosa Ferré e Timothy Morton (CCCB, 25 Ottobre 2017 - 1 Maggio 2018), entrambe focalizzate sulla «nostra responsabilità di specie dominante e la nostra cultura di colonizzatori di noi stessi» (Boeri, 2019).

6.1 FOR AN “ECOLOGY OF IDEAS”: COLLABORATIVE APPROACHES AND RESEARCH IN ENVIRONMENTAL DESIGN

*The global climate crisis has given dramatically evidence to the interconnected condition that characterizes the present challenges (including the Covid-19 pandemic). The late 1980s avant-garde had already revealed the socio-technical nature of the ecological question, not exclusively referable to a disciplinary matter, neither to the special sensitivity of intellectual elites. It is rather - and decisively - attributable to a social issue, to the extent in which the change of pace required for achieving the goal of risk reduction necessarily implies deep sharing of objectives and strategies. Felix Guattari, especially, in his essay *The Three Ecologies* (1989), written after the Chernobyl disaster, warns against technicisms and too specialized explanations, stating that: «the only true response to the ecological crisis is on a global scale, provided that it brings about an authentic political, social and cultural revolution, reshaping the objectives of the production of both material and immaterial assets» (Guattari, 2000 pp.28). Guattari first posits the “horizontal” nature of the ecological question with respect to the established models of top-down research, and he indicates the social responsibility and the collective education as the main tools for successful policies and for the environmental research itself. This approach finds today its full validation both in the work of intellectuals fully committed to the climate issue (such as Naomi Klein or Timothy Morton), both in the experiments of design research centres - such as the IAAC (Institute for Advanced Architecture Catalunya) - and in the contemporary art exhibitions, increasingly oriented to feed the cultural debate looking at the collective perception of risk and at the lifestyles change made by it'.*

¹ See for example the latest XXII Triennale di Milano exhibition “Broken Nature”, curated by Paola Antonelli (1 March - 1 September 2019), or the one edited by Rosa Ferré and Timothy Morton at the CCCB of Barcelona, Spain, entitled

These positions are well established also in the technical reports. In 2012, the IPCC report, Chapter V, highlighted the social behaviour as a key factor for successful proactive strategies, the latter aimed at developing virtuous behaviours by local communities, that are crucial to generate adequate responses at the local scale both in technical and social terms (Cutter et al., 2012). The document promotes new practices for enhancing social responsibility by referring to co-design experiences, social education, and social participation. All these measures must be organized in such a way as to respect the local, embedded knowledge of the place, as well as the dynamics that characterize the settled communities. Such embedded knowledge becomes a key factor even for determining techniques and models appropriate to the site specificity. Founded on this background, the PRIN 2015 research methodology develops a priority approach to shared knowledge. These founding concepts aim at achieving an effective transfer of the climate adaptation strategy, the latter oriented to a multicultural, plural characterization, collaborative and interaction between scientific areas and between the subjects involved². In theoretical terms, the research moves from the concept of “context awareness” combining the canonical definition produced in the field of information systems with respect to the themes and the cultural tradition of the environmental project. The term “context awareness” implies the existence of a community that perceives and reacts to the changes produced on its own context, including natural phenomena and those deriving from their impacts on the social and economic systems³. We want here to underline the choice of

“Después del fin del Mundo” (CCCB, 25 October 2017 - 1 May 2018), both focused on «our responsibility as a dominant species, and on our culture as colonizers of ourselves» (Boeri, 2019).

2 The research refers to the documents “European Strategy for Adaptation to Climate Change” (2013), “National Strategy for Adaptation to Climate Change” (2015) and “National Plan for Adaptation to Climate Change” (2017), the latter is not yet approved but seems to already be a reference point in the field of climate adaptation.

3 The understanding of the context awareness within the environmental design starts from the relevance given to the systemic logic both in IT processes and in social and economic processes. For a critical analysis of the term see also the report *Toward a Better Understanding of Context and Context Awareness*, Lectures Notes in Computer Science, at: https://www.researchgate.net/publication/205976764_Towards_a_Better_Understanding_of_Context_and_Context-Awareness, accessed 7 November 2020

(Cutter et al., 2012). A supporto dell’intervento tecnico, il documento declina il tema della responsabilità condivisa attraverso il richiamo a interventi di condivisione, educazione e partecipazione sociale, organizzati in modo da rispettare la conoscenza dei luoghi e le dinamiche che caratterizzano le comunità insediate. Una conoscenza *embedded* che diventa fattore chiave anche per la determinazione di tecniche e modelli di intervento appropriati alla specificità del sito.

Sulla base di tale *background*, la metodologia della ricerca PRIN 2015 sviluppa un approccio prioritario alla conoscenza condivisa e all’inquadramento dei concetti fondativi con la finalità di realizzare un efficace trasferimento della strategia di adattamento climatico, quest’ultima orientata a una caratterizzazione multiculturale, plurale, collaborativa e all’interazione fra aree scientifiche e tra i soggetti coinvolti². In termini teorici, la ricerca prende spunto dalla declinazione del concetto di *context awareness* rispetto ai temi e alla tradizione culturale del progetto ambientale, riprendendo dalla definizione canonica prodotta nell’ambito dei sistemi informatici l’idea di una comunità che percepisce e reagisce ai cambiamenti prodotti nel proprio contesto, in ciò includendo non solo i fenomeni naturali

2 Nel merito, nello svolgimento della ricerca sono stati recepiti gli indirizzi contenuti nei documenti “Strategia Europea di Adattamento ai Cambiamenti Climatici” (2013), “Strategia Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici” (2015) e “Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici” (2017), non ancora approvato ma punto di riferimento determinante nel campo dell’adattamento climatico.

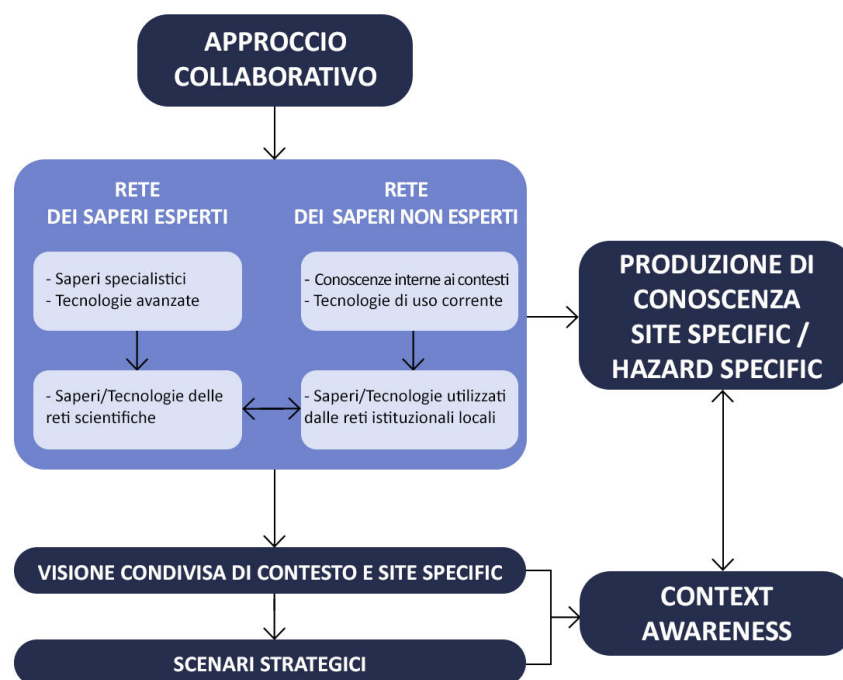


Fig. 1 - Dalla conoscenza alle strategie e ai progetti alla scala locale: schema processuale / From knowledge to strategies and projects at local scale: process scheme (Source: Authors’ elaboration).

ma anche quelli derivanti dalle ripercussioni di questi ultimi sul sistema sociale ed economico tanto alla scala globale che locale³. Interessa sottolineare, le ragioni della scelta che vedono nella nozione di *context* e in quella di *context awareness* i capisaldi per un'idea di adattamento che fortemente si interfaccia con quelle di flessibilità e di responsività tipiche del progetto ambientale e rese oggi possibili grazie alla disponibilità delle tecnologie digitali.

In particolare, il progetto di ricerca riprende dalla definizione di “contesto” un approccio alla conoscenza intesa come capacità di caratterizzazione di un sistema sia esso fisico, sociale, culturale o economico, e da quello di “consapevolezza” la capacità dell'azione progettuale di esplicitare gli elementi cardine del contesto e renderne fruibile la conoscenza, anche molto raffinata dal punto di vista della produzione di informazione, a una molteplicità di soggetti differenti⁴.

Tale scelta è in parte determinata dalla storia disciplinare della progettazione ambientale che, fin dalle sue origini, ha sviluppato la consapevolezza della complessità dei processi di conoscenza e della necessità di veicolare il trasferimento alle pratiche attuative del progetto; dall'altro si riconosce nel cambiamento climatico un “iper-oggetto” che richiede, per la sua complessità, una comunicazione attenta alla diversità dei soggetti destinatari e degli obiettivi che la motivano (Morton, 2013).

In questo senso, la metodologia della ricerca è stata finalizzata alla “socializzazione scientifica” del *climate change* e dei suoi impatti, individuando nella comunità dei soggetti esperti e in quella dei soggetti istituzionali gli interlocutori essenziali per lo sviluppo di un processo di *context awareness* funzionale a facilitare la risposta resiliente del contesto fisico, e di quello sociale e culturale.

In particolare, la ricerca riconosce nella comunità dei soggetti “esperti” la capacità di fare dell'adattamento climatico un tema di ricerca “orizzontale”, tipicamente retaggio di specialismi ma anche di sintesi generaliste; mentre sul versante della consapevolezza sociale, è la società civile, specialmente nelle sue componenti politiche e tecniche, l'elemento chiave per veicolare gli avanzamenti scientifici nella specificità dei territori, realizzando una consapevolezza di obiettivi e strumenti indispensabile per rendere il progetto ambientale un'esperienza efficacemente plurale. Comunità scientifica e ambiente sociale interagiscono dunque

3 La definizione di *context aware* è interpretata attraverso un processo analogico incardinato sulla rilevanza della logica sistemica tanto nei processi informatici, quanto nell'interpretazione della struttura sociale ed economica del mondo contemporaneo e nella tradizione metodologica del progetto ambientale. Per un approfondimento critico sulle definizioni del termine e sullo sviluppo della letteratura a riguardo si rimanda al *report* della *panel session* moderata da Abound G.D., Dey A.K., panelists Brown P.J., Davies N., Smith M., Steggle P. nell'ambito delle *Lecture Notes in Computer Science* dal titolo: “Toward a better understanding of Context and Context Awareness”, available at: https://www.researchgate.net/publication/205976764_Towards_a_Better_Understanding_of_Context_and_Context-Awareness (accessed 7 November 2020).

4 A tale scopo sono state selezionate le seguenti definizioni: «We define context as any information that can be used to characterize the situation of an entity, where an entity can be a person, place, or physical or computational object [...] We define context awareness or context-aware computing as the use of context to provide task-relevant information and/ or services to an user» (Abound & Dey, 2000).

posing the notion of “context” and that of “context awareness” as crucial for understanding adaptation as a multidimensional condition, in its relation with the system flexibility and responsive capacity.

Notably, the definition of “context” definition allows to better focusing the research interest toward the system characterization, be it physical, social, cultural or economic; while that of “context awareness” summarizes the capacity of understanding the system complexity through the selection of few key elements of the system itself. These two concepts facilitate both knowledge production and knowledge transfer to the manifold different, and somehow not expert, subjects participating in the climate adaptation project⁴. This decision is determined both by the special history of the environmental design discipline (which, since its origins, has developed the epistemology of complexity as part of the project implementation practices); both by the assumption of the issue of climate change as an “hyper-object”, which requires a kind of communication attentive to the diversity of the recipients and to the different reason that motivate the researches about it (Morton, 2013).

In that respect, the research methodology devises a sort of “scientific socialization” of the climate change issue and its impacts, and it identifies in both the community of expert subjects and in that of the institutional ones the key players for developing the context awareness process able to facilitate a resilient response from the context (whether physical, social and cultural). Especially, the community of “experts” guides the climate adaptation research toward the “horizontal” research methods, either legacy of specialisms and of generalist synthesis; while on the side of the social awareness, the civil society, notably in its political and technical parts, conveys the scientific advances into the specificity of the territories, creating a wider sharing of objectives, that is the essential tools to make environmental design effectively plural. Therefore, scientific community and social environment closely interact, and represent that “ecology of ideas” (Bateson, 1977) by which emerge the context relationships and the project possibilities.

4 *In order to clear the research approach, the following definitions have been selected: «We define context as any information that can be used to characterize the situation of an entity, where an entity can be a person, place, or physical or computational object [...] We define context awareness or context-aware computing as the use of context to provide task-relevant information and / or services to an user» (Abound & Dey, 2000.)*

6.2 PRIN RESEARCH METHODS

In the contemporary international debate, the eco-systemic design approach legitimizes its own identity only if it welds the research visions with the community awareness. Climate adaptation is indeed an intrinsically plural project theme: nor collective, nor individual but rather relating to the category of “common goods”. Therefore, in the knowledge process multiple connections are generated between single information and the different subjects and circumstances within they act. This process facilitates the actions development and influences the project structure (De Biase, 2016); it places constraints and offers opportunities in moving from “collective intelligence” (Lévy, 1996) to “plural intelligence”. In the light of these considerations, the PRIN research defines a collaborative approach method organized by two converging steps:

- *the activation of a multidisciplinary scientific network,*
- *the establishment of further local networks made by researchers, stakeholders and Institutions.*

The hub between the above-mentioned networks is the common goal of achieving both scientifically and socially shared knowledge concerning the climate phenomena and of the context. The methodological experimentation was therefore oriented towards the establishment of “relational systems” aimed at creating effective networks for governing both scientific and decision processes (Fig.1).

6.3 THE SCIENTIFIC NETWORKS

In this way, the research overcomes the former (somehow mechanistic) vision of multidisciplinary as a sum of knowledge and promises instead a common thematic ground (namely the “climate research border area”) within which the diverse disciplines can interact. That is to realign the environmental project to the new needs of adapting living in the new climate regime.

Therefore, the first step in this direction is to enclose the research area within which to develop the peer-to-peer cooperation. The context definition of the is hence declined by the establishment of a common cultural background where bring back the specialist contributions. In fact, practicing transversality and interaction requires a special approach to complexity (structural and interpretative, at the same time), in order to develop the capacity of governing the huge Datasets progressively collected, as quickly re-orienting strategies and actions (including the demonstration projects) according to the environmental feed backs and to the further social-economic responses of the context. The adopted methodology does not exclude differences

strettamente secondo la metafora della «ecologia delle idee» (Bateson, 1977) che governa la loro relazione e descrive il contesto di riferimento del progetto.

6.2 METODOLOGIA DELLA RICERCA PRIN

Nella contemporaneità del dibattito internazionale, un approccio progettuale che si traduca in termini ecosistemici legittima la propria identità solo riesce a saldare la consapevolezza della ricerca con il punto di vista delle comunità, poiché l’adattamento climatico è un tema di progetto intrinsecamente da una dimensione plurale, che non è né collettiva né individuale ma piuttosto attinente alla categoria del “bene comune”. Nella genesi del processo di conoscenza del progetto si generano pertanto connessioni molteplici non solo tra le singole informazioni ma anche tra soggetti e circostanze diverse, nelle quali essi agiscono, sviluppano azioni e influiscono sull’evoluzione della struttura progettuale (De Biase, 2016), ponendo vincoli e offrendo opportunità nel passare da “intelligenza collettiva” (Lévy, 1996) a “intelligenza plurale”.

Alla luce di tali considerazioni la ricerca PRIN definisce una metodologia di approccio collaborativo organizzata in due passaggi convergenti:

- l’attivazione di reti scientifiche multidisciplinari,
- la formazione di reti di ricercatori, *stakeholder* e istituzioni locali, dove l’elemento di intersezione è il comune obiettivo di pervenire a una conoscenza avanzata dei fenomeni e dei contesti che sia scientificamente e socialmente condivisa. La sperimentazione metodologica è stata quindi orientata verso la costituzione di “sistemi relazionali” finalizzati a realizzare network sia di tipo scientifico che di governance dei processi decisionali (Fig.1).

6.3 INTERAZIONI FRA DIVERSI AMBITI DISCIPLINARI

Superando una visione meccanicistica della multidisciplinarietà come sommatoria di saperi, la ricerca prospetta un avanzamento finalizzato a sviluppare “ambiti di confine” entro cui far interagire le influenze disciplinari, riallineando il progetto ambientale alle esigenze dell’abitare proprie del nuovo regime climatico.

Il primo passo, in questa direzione, è dunque la perimetrazione del terreno di confronto entro cui sviluppare quella cooperazione *peer-to-peer*, indispensabile all’interazione tra discipline. La definizione del contesto si declina pertanto nella determinazione di un *background* culturale di riferimento entro cui ricondurre gli apporti specialistici. La pratica della trasversalità e dell’interazione richiede infatti una risoluzione di complessità costitutiva e interpretativa, al fine di sviluppare capacità di monitoraggio *in itinere* dei risultati progressivamente raggiunti, avendo la possibilità di un rapido ri-orientamento delle strategie e delle azioni dei progetti dimostratori quale risposta ai *feedback* ambientali e alle dimensioni temporali del progetto. La metodologia di interazione adottata non esclude centralità e perifericità disciplinari, orientandosi verso una visione multiculturale che induce ad affermare l’identità non eludibile negli apporti qualificanti di un sapere - coerentemente convergente su una data tematica - e il suo riconoscimento (Habermas & Taylor, 1998).

Dal punto di vista metodologico, la costruzione di reti scientifiche, nazionali e internazionali, rappresentative dei diversi contesti (climatici, fisici, culturali, economici) permette il riscontro fra molteplici competenze disciplinari e consente di perfezionare i parametri di natura oggettiva attraverso i quali misurare i possibili effetti di contrasto agli impatti climatici e il livello di adattamento raggiunto. Un'impresa non facile se affidata esclusivamente ai singoli apporti disciplinari, stante la complessità del quadro operativo e la numerosità dei parametri in gioco, ma possibile invece attraverso l'interazione tra diverse tradizioni scientifiche che permette di individuare le aree più critiche - e dunque prioritarie per gli interventi - e supportare, comparare e trasferire su molteplici livelli operativi la lettura dei risultati ottenuti, inclusa l'analisi delle tassonomie e i sistemi di indicatori. Un livello di conoscenza integrato e accessibile su cambiamento climatico, sull'esposizione e sulla vulnerabilità dei contesti locali che derivano da un approccio collaborativo fra varie discipline, rappresentando un esito originale della ricerca per sostenere la pianificazione dell'adattamento, aperta a una stretta collaborazione tra le amministrazioni cittadine e la comunità di ricerca, così come con altri soggetti detentori di dati e informazioni.

Non solo quindi presenza di interessi disciplinari tutti in qualche convergenza sulle tematiche del progetto ambientale, ma anche confronto tra ambienti di ricerca differenti che convergono nella determinazione di un numero finito di invarianti a cui affidare la conoscenza del contesto, e la sua capacità di reazione di fronte agli impatti climatici, senza sottovalutare il "peso" del contesto sociale ed economico.

Da un punto di vista operativo, il primo volume della ricerca restituisce gli esiti della interazione disciplinare sperimentata: la selezione dei concetti guida condivisi, degli strumenti analitici per la conoscenza e di casi scuola definiscono non solo l'indirizzo culturale della ricerca, ma dimostrano le opportunità di nuovi scenari di cooperazione scientifica all'interno del progetto, puntando a condividere i fattori essenziali del cambiamento climatico e, attraverso questi, pervenire ai livelli di risposta richiesti ai differenti contesti analizzati. Si tratta di un approccio flessibile all'adattamento, che prevede la messa in campo di azioni funzionali alle possibilità del contesto, senza ricorrere a soluzioni predefinite ma sempre riferendo queste stesse alle condizioni dell'intervento e alla "consapevolezza" delle possibilità intrinseche del contesto stesso⁵.

6.4 RELAZIONI CON STAKEHOLDER E COMUNITÀ LOCALI

Sul lato della comunicazione istituzionale, la metodologia di ricerca declina la nozione di "consapevolezza di contesto" come approccio proattivo agli eventi climatici. Proporzionando la comunicazione tecnica sui differenti livelli di richiesta e di ascolto, il progetto PRIN ha rafforzato i legami istituzionali su tutto il territorio nazionale, e ha posto le premesse per sviluppare un progetto di *context awareness*

⁵ Per quanto riguarda la sperimentazione della ricerca PRIN, ricordiamo i *network* accademici realizzati con la UC Berkeley College of Environmental Design (referente: prof. Louise Mazingo) con la Technische Universität Berlin (referente: prof. Norbert Kuhn) e con la Hochschule Neubrandenburg (referente: prof. Manfred Kohler).

between disciplinary centrality and periphery, and it is oriented to establish the network specific identity, the latter coming from the qualifying scientific contributions - coherently converging on a given theme - and from the multidisciplinary interacting achieved (Habermas & Taylor, 1998). In methodological terms, the establishment of scientific networks representing the contexts differences (climatic, physical, cultural, economic), at national and international level, allows to refine and share the analytical, objective parameters through which to measure the possible effects of contrast to climatic impacts and the level of adaptation achieved. This is not easy undertaking, when entrusted exclusively to the single disciplinary contributions, due to the complexity of the operating framework and the number of parameters involved. Vice versa, the same effort becomes effective through the scientific interaction which allows to identify the most critical - and therefore priority - areas for interventions, and then to support, compare and transfer the research results to multiple operational levels, including those concerning the context taxonomies and the indicator systems. Further, this integrated and accessible knowledge on climate change deriving from the collaborative approach between disciplines, represents an original research outcome to support adaptation planning. It also leads to realize close collaboration between city administrations and the research community, as well as with other stakeholders and the other subjects involved.

Therefore, disciplinary interests converging in themes of the environmental project, but also a comparison between different research environments provide a finite number of invariants to which entrusting the context knowledge, and its ability to react facing climatic impacts, without underestimating the "weight" of the social and economic context. According to this remark, the first volume of the research reports the outcomes of the PRIN disciplinary interaction. The latter mainly refer to share key concepts, specific devices for knowledge production and a set of case-studies; the volume also defines the research cultural approach, and it demonstrates the opportunities for defining new scientific and collaborative scenarios within the environmental project. It also aims at combining and sharing the essential factors of climate change and, through these, to reach the levels of response required for the different contexts. This is a flexible approach to climate adaptation, which involves the implementation of effective actions designed on the context capacity without resorting to predefined solutions but rather referring to the context conditions and to the "awareness" of the embedded possibilities of the context itself⁶.

⁶ We recall the PRIN scientific networks established with the UC Berkeley College of Environmental Design (referent: prof.

6.4 INSTITUTIONAL AND SOCIAL NETWORKS

On the institutional side, the research methodology declines the notion of “context awareness” as a proactive approach to climate events. By proportioning the technical communication on the different levels of request, the PRIN project strengthened the institutional networks throughout the national territory. It laid the basis for developing an integrated and accessible context awareness on the effects of climate change in local contexts. It involves public bodies and the research community, as well as other subjects with specific capacities in the on-field information. This approach refers to the idea of “ecology of action” theorized by Edgar Morin (Morin, 2016) and it precludes to a complex generative process, which includes the collaboration with “non-experts” groups, which however participating in framing the context specificity.⁶

Therefore, the methodology adopted starts from the awareness that climate adaptation represents a challenge involving stakeholders from both the public and private sectors. Agreements were made with public decision-makers at the local scale, and the roles of the scientific community were focused too. Specific communication methods have planned in order to establish a dialogue with stakeholders and report the possible dangers, risks, costs and opportunities deriving from climate change (MATTM, 2015, p. 9). Further, a knowledge-based approach has also set up, in order to increase the availability of more reliable assessment of the risk potential locally so that policy makers, stakeholders, local communities, associations and citizens can easy access to information in order to develop proactive measures and operational tools.

The adoption of a collaborative design approach involves experts and non-experts groups, so that the sum of information relating to local contexts, can expand the decision-making level in an area of convergence of knowledge and multiple needs.

Louise Mazingo); with the Technische Universität Berlin (referent: prof. Norbert Kuhn); and with Hochschule Neubrandenburg (referent: prof. Manfred Kohler).

6 This methodology was subjected to the ongoing validation process. It works on the encounters with local administrations and other actors of decision process, through meetings and debates organized in the context of scientific research meetings, design workshops, open discussion in Living Labs modalities. The specific outcomes are some institutional agreements signed with local administrations, as well as with the Sustainable Development Foundation, and with the launch of pilot projects on critical case study areas selected with local administrations.

integrato e accessibile sugli effetti del cambiamento climatico nei contesti locali, coinvolgendo le amministrazioni pubbliche e la comunità di ricerca, così come con altri soggetti detentori di esperienze sul campo e informazioni. Un approccio che si rifà all’idea di “ecologia dell’azione” teorizzata da Edgar Morin (Morin, 2016) e prelude a un processo generativo complesso, che include un’idea di collaborazione anche con soggetti “non-esperti”, che però partecipano della caratterizzazione del contesto di interesse⁶.

La metodologia adottata parte quindi dalla consapevolezza che l’adattamento climatico rappresenta una sfida che coinvolge, oltre i governi centrali e le amministrazioni locali (*multilevel governance*), un elevato numero di *stakeholder* sia del settore pubblico che privato. Nello svolgimento della ricerca si sono costruiti accordi con i decisori pubblici alla scala locale e si sono focalizzati i ruoli assunti dalla ricerca scientifica nelle sue diverse componenti settoriali. È stata progettata una specifica metodologia di comunicazione al fine di instaurare un dialogo con i portatori di interesse e segnalare i possibili pericoli, rischi, costi e opportunità derivanti dai cambiamenti climatici (MATTM, 2015, p. 9). Si è inoltre impostato un approccio basato sulla conoscenza e sulla consapevolezza di dati e condizioni locali, al fine di aumentare la disponibilità di stime più affidabili in modo che i

6 La metodologia è stata oggetto di un processo di validazione *in itinere* attraverso momenti di confronto con le Amministrazioni locali e altri attori del progetto, attraverso incontri/dibattito organizzati nell’ambito delle riunioni scientifiche della ricerca, di *workshop* progettuali, di momenti di discussione nella modalità di *Living Labs*. Esiti di questa fase sono gli accordi di programma siglati con alcune delle Amministrazioni locali, la collaborazione con la Fondazione Sviluppo Sostenibile, e con l’avvio di progetti pilota su aree critiche definite in cooperazione con le Amministrazioni locali.

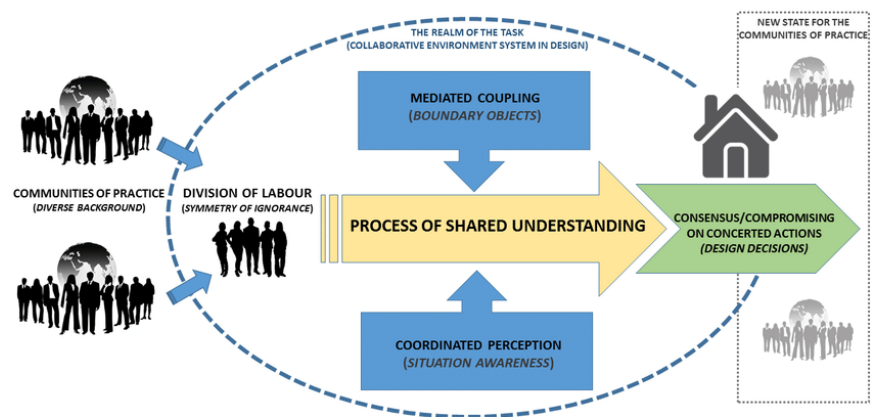


Fig. 2 - Il processo di comprensione condivisa nel *collaborative design* / *The process of shared understanding in collaborative design* (Source: Gomes et al., 2016).

decisori politici, gli *stakeholder*, le comunità locali, le associazioni e i cittadini abbiano facile accesso sia a informazioni chiare e affidabili per sviluppare un'adeguata consapevolezza sul tema, sia a strumenti pratici che possano fungere da guida nelle scelte.

L'adozione di un approccio collaborativo al progetto ha comportato il coinvolgimento di soggetti esperti e non esperti, la circolazione delle informazioni, e delle informazioni di dettaglio relative ai contesti locali, ampliando il livello decisionale in un ambito di convergenze di saperi ed esigenze molteplici. Tutte le componenti si sono sviluppate secondo un metodo che procede verso soluzioni non deterministiche ma basate su soluzioni flessibili e compatibili, che consentono alla Pubblica Amministrazione di scegliere fra più alternative in base a una serie di parametri legati alle proprie specificità attraverso una pluralità di percorsi operativi, verificabili e replicabili per ottenere progressive risultanze verso l'obiettivo di contrastare i danni e gli impatti dei fenomeni climatici, secondo modalità derivanti da azioni di *problem setting* e di intuitive azioni di *problem solving*.

6.5 CONCLUSIONI

La convergenza nell'agire concreto della sperimentazione conoscitiva e progettuale ha tenuto conto dei due aspetti precedentemente richiamati: da un lato lavorare in *partnership* e coinvolgere - attraverso processi di ascolto, informazione, e supporto alla decisione - gli *stakeholder* e le comunità; dall'altro attuare un approccio che coinvolge in termini multidisciplinari e di interazione i numerosi saperi necessari configura un significativo avanzamento disciplinare orientato verso una innovativa concezione di *collaborative design*. È opportuno ribadire che l'obiettivo della metodologia proposta è soprattutto quello di sviluppare processi di conoscenza condivisa, e di pervenire a un coinvolgimento non formale delle istituzioni locali e di altri principali *stakeholder* verso un settaggio scientificamente fondato del cambiamento climatico e dei suoi effetti.

L'approccio collaborativo al progetto di adattamento si qualifica così come un "pensiero ecologico ampliato", che si estende dal settore ambientale a quello politico e sociale, e si caratterizza per il valore di "infodiversità", che è «la coesistenza di conoscenze che hanno diverse durate e coinvolgono una varietà di soggetti che si esprimono nella varietà dei loro orientamenti e delle loro culture» (De Biase, 2016, pp. 151-152).

Questo metodo di lavoro, adottato dalle *Research Units* nelle sperimentazioni attuate nei differenti contesti e attraverso diverse scale di intervento, ha condotto a un confronto a più riprese e ha prodotto concezioni e soluzioni maggiormente innovative. I sei gruppi di ricerca PRIN hanno sviluppato le fasi progettuali che conducono all'elaborazione di uno scenario strategico su livelli di conoscenza più focalizzati (e poi ai diversi progetti dimostratori), che si distingue da quella consueta della pianificazione per la flessibilità e la capacità di adattamento al contesto che si richiamano ad alcune delle linee proprie dell'approccio locale (Magnaghi, 2010). La metodologia di lavoro individua, infatti, nella costruzione dello "statuto" dei luoghi un valore determinante del progetto ambientale, che si caratterizza per l'operazione di riconoscimento del valore dei patrimoni locali, nonché per gli ulteriori processi di formazione, crescita e governance che li hanno contraddistin-

All the components have been developed according towards non-deterministic solutions, which allow the public administration to choose between several alternatives based on a set of parameters linked to a plurality of operational paths. This approach is verifiable and replicable to obtain progressive results towards the goal of coping the climatic impacts, according to methods deriving from problem setting actions and intuitive problem-solving actions.

6.5 CONCLUSIONS

The converging of cognitive innovation and design experimentation in the PRIN research took into account two aspects: on the one hand, working in partnership with a wide set of stakeholders, through the implementation of listening, information, and decision support processes; on the other hand, the design approach involves the many specialist knowledge configuring a significant multi-disciplinary advancement. It should be stressed that the proposed methodology aims at developing shared knowledge processes, and to achieve a non-formal involvement of local institutions and the other main stakeholders towards a scientifically based approach to climate change and its effects. The collaborative approach to the climate adaptation project leads toward an "extended ecological thinking", which involves both the environmental and the political and social sector. Such approach is characterized for "information diversity", which is «the coexistence of knowledge that they have different durations and involve a variety of subjects who express themselves in the variety of their orientations and their cultures» (De Biase, 2016, pp. 151-152).

The working method adopted by the PRIN Research Units in the experiments carried out in the different contexts and through different scales of operation has led to a comparison of design approach and has produced more innovative concepts and solutions. The five PRIN research groups developed the design process through the elaboration of a strategic scenario based on more focused knowledge (and on different demonstrator projects), which differs from the usual planning phase for its flexibility and for capacity to adapt to the context that refer to some of the lines of the "local project approach" (Magnaghi, 2010).

The working methodology identifies, in fact, in a sort of the "statute" of the places as a decisive value of the environmental project. It is characterized by the recognition of the embedded values of the local assets, as well as by the further processes of formation, growth and governance that distinguish them. This phase precedes and influences the establishment of a strategic

program: local knowledge, climate adaptation strategy and demonstration projects provide for the activation of specific methods of cooperation and collaboration between numerous subjects, starting from the involvement of expert knowledge up to the administrators and to the needs of protection of the inhabitants through interventions to contrast climate impacts (Magnaghi, 2010).

In this sense, it is possible to conclude that the overall strategy adopted by the PRIN research outlines a possible path, firmly anchored to the local culture and to the effective possibilities that it expresses for experimenting with a more mature and shared process of adaptation to climate change. The research expresses through the case studies a horizon that is not only theoretical, towards which to direct the skills achieved on the technical side to try to build a culture of living consistent with the challenges in place. A methodology for the design of climate adaptation at various scales and in different declinations cannot ignore these aspects.

ti. Tale fase precede e condiziona la costruzione di un programma strategico: conoscenza locale, strategia e progetti dimostratori quali prodotti della ricerca hanno previsto l'attivazione di specifiche modalità di cooperazione e collaborazione fra numerosi soggetti, a partire dal coinvolgimento di saperi esperti fino agli amministratori e alle esigenze di tutela degli abitanti attraverso interventi di contrasto degli impatti climatici (Magnaghi, 2010).

In questo senso è possibile concludere che la strategia complessivamente adottata dalla ricerca PRIN delinea un percorso possibile, saldamente ancorato alla cultura locale e alle effettive possibilità che questa stessa esprime per sperimentare processo di adattamento al cambiamento climatico più maturi e condivisi. La ricerca esprime attraverso i casi studi un orizzonte non solo teorico, verso cui indirizzare le competenze raggiunte sul versante tecnico per provare a costruire una cultura dell'abitare coerente con le sfide in atto. Una metodologia per la progettazione dell'adattamento climatico alle varie scale e nelle diverse declinazioni non può prescindere da questi aspetti.

References

- Abound G.D. & Dey A.K., (2000), "Towards a Better Understanding of Context and Context-Awareness", *Conference Proceedings of the PrCHI 2000 Workshop on the What, Who, Where, When and How of Context-Awareness*, available at: https://www.researchgate.net/publication/205976764_Towards_a_Better_Understanding_of_Context_and_Context-Awareness (accessed 7 November 2020).
- Bateson, G. (1977), *Verso un'ecologia della mente*, Adelphi, Milano.
- Boeri, S. (2019), "Introduzione", in Antonelli, P. & Tannir, A. (eds), *Broken nature*, Electa, Milano.
- Cutter, S., Osman-Elasha, B., Campbell, J., Cheong, S.-M., McCormick, S., Pulwarty, R., Supratid, S. & Ziervogel, G. (2012), "Managing the risks from climate extremes at the local level", 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 University Press, Cambridge, UK, and New York, pp. 291-338.
- De Biase, L. (2016), *Homo pluralis. Essere umani nell'era tecnologica*, Codice, Torino.
- EU European Commission (2013), *An EU Strategy on adaptation to climate change*, available at: <https://eur-lex.europa.eu>.
- Gomes, D., Tzortzopoulos, P. & Kagioglou, M. (2016), "Collaboration Through Shared Understanding in Early Design Stage", *Proceeding 24th Annual Conference of the International Group for Lean Construction*, Boston, sect. 7, pp. 63-72, available at: www.iglc.net.
- Guattari, F. (1989), *Les Trois Ecologies* (En. tr. *The Three Ecologies*, The Athlone Press, London, 2000).
- Habermas, J. & Taylor, C. (1998), *Multiculturalismo. Lotte per il riconoscimento*, Feltrinelli, Milano.
- Lévy, P. (1996), *L'intelligenza collettiva. Per un'antropologia del cyberspazio*, Feltrinelli, Milano.
- Magnaghi, A. (2010), *Il progetto locale. Verso la coscienza di luogo*, Bollati Boringhieri, Torino.
- MATTM Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (2015), *SNACC - Strategia Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici*, available at: <http://www.pdc.minambiente.it>.
- MATTM Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (2017), *Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici*, available at: www.minambiente.it.
- Morin, E. (2016), *Sette lezioni sul pensiero globale*, Raffaello Cortina Editore, Milano.
- Morton, T. (2013), *Hyperobjects: Philosophy and Ecology After the End of the World* (It. tr. *Iperoggetti*, Nero Editore, 2018).

**CASI APPLICATIVI. CONOSCENZA, STRATEGIE
E PROGETTI DIMOSTRATORI PER L'ADATTAMENTO CLIMATICO**
*APPLICATION CASES. KNOWLEDGE, STRATEGIES
AND DEMONSTRATION PROJECTS FOR CLIMATE ADAPTATION*



Fig. 1 - Vista zenitale dell'area di Napoli ovest. Sono individuabili l'area di Fuorigrotta (nella omonima piana delimitata a sud dal costone di Posillipo e a nord dal Monte Spina) e, all'interno dei due invasi geomorfologicamente definiti, i Distretti di Soccavo e, a sinistra, di Pianura. L'area verde del parco degli Astroni nell'invaso del cratere di Agnano è visibile ancora più a ovest / *Zenithal view of the West Naples area. The area of Fuorigrotta (in the homonymous plain delimited to the South by the ridge of Posillipo and to the North by Mount Spina) and, within the two geomorphologically defined reservoirs, the Districts of Soccavo and, on the left, of Pianura. The green area of the Astroni Park in the Agnano crater reservoir is visible even more to the West* (Source: ESRI Satellite - ArcGIS/World_Imagery).

1. Progettazione multiscalare per la resilienza dei Distretti urbani. Eco-distretti e soluzioni climate-proof per l'area occidentale di Napoli. Il caso applicativo di Soccavo

Multi-scale Design for the Resilience of Urban Districts. Eco-districts and Climate-proof Solutions for the Western Area of Naples. The Application Case of Soccavo

Mario Losasso, Maurizio Giugni, Valeria D'Ambrosio, Marina Rigillo, Francesco De Paola, Ferdinando Di Martino, Francesco Pugliese, Federica Dell'Acqua, Carlo Gerundo
Università degli Studi di Napoli Federico II

1.1 IL QUADRO CONOSCITIVO DELLA MACROAREA DI NAPOLI OVEST E DEL DISTRETTO DI SOCCAVO. PRINCIPI INSEDIATIVI, CARATTERI TECNOLOGICO-AMBIENTALI, LIVELLI DI VULNERABILITÀ*

1.1.1 La Macroarea di Napoli ovest

Le aree metropolitane rappresentano il luogo emblematico della sfida climatica del prossimo futuro, poiché è in esse che si sviluppano le maggiori concentrazioni di popolazione, di funzioni urbane, di densità del costruito, di attività economiche. Nelle aree metropolitane si riscontrano i maggiori livelli di vulnerabilità agli impatti climatici e, contemporaneamente, i più alti livelli di emissioni di agenti climalteranti. Tuttavia, non tutte le aree urbane rispondono allo stesso modo agli impatti determinati dal clima che cambia, poiché le caratteristiche orografiche e geomorfologiche, insieme alle caratteristiche del costruito e delle infrastrutture urbane, determinano specifiche criticità o capacità reattive rispetto agli impatti climatici. La complessità costitutiva delle aree metropolitane rappresenta un altro fattore che incide sulla loro vulnerabilità climatica. Nel corso degli anni, i nuclei abitati che un tempo erano insediamenti periferici o extra-urbani, sono stati incorporati generando un continuum che determina sequenze di tessuti compatti, tessuti diradati, comparti infrastrutturali o produttivi (anche dismessi), aree verdi e parti di natura. Nella successione delle categorie dell'urbano, del periurbano e del rurale, le parti che un tempo rappresentavano un "esterno" rispetto al centro città sono oggi incorporate nella continuità del costruito. Ciò induce discontinuità della struttura urbana, non più leggibile per parti compiute ma secondo complessità policentriche, di differenti densità, funzionalità, consistenza dei tessuti e dell'ambiente antropizzato o naturale (Magnaghi, 2010).

La città metropolitana di Napoli è una delle più popolate d'Italia (la terza, con circa 3.100.000 abitanti), fra le più estese e quella con la maggiore densità abitativa. Anche per l'area metropolitana di Napoli è evidente l'assetto precedentemente descritto - una progressione dalla città compatta a quella consolidata fino allo sprawl urbano - che si attua secondo diverse grane e densità, in cui vanno rintracciati differenti elementi costitutivi dei caratteri ambientali e urbani, in uno specifico susseguirsi di aree naturali residue e centri urbani periferici. La conformazione complessa e articolata deriva da diverse condizioni genetiche dei tessuti urbani, con differenti gradi di vulnerabilità e, potenzialmente, distinte capacità di

1.1 THE KNOWLEDGE FRAMEWORK OF THE WEST NAPLES MACRO-AREA AND THE SOCCAVO DISTRICT. SETTLEMENT PRINCIPLES, TECHNOLOGICAL-ENVIRONMENTAL FACTORS, VULNERABILITY LEVELS*

1.1.1 The West Naples Macro-area

The metropolitan areas represent the emblematic place for the climate challenge of the next future because it is in them that the greatest concentrations of population, urban functions, built density, and economic activities are developed. Metropolitan areas have the highest levels of vulnerability to climate impacts and, at the same time, the highest levels of greenhouse gas emissions. However, not all urban areas respond in the same way to the impacts of a changing climate, because orographic and geomorphologic conditions, together with the characteristics of the built environment and urban infrastructures, determine specific critical aspects or responses to climate impacts. The complexity of metropolitan areas is another factor affecting their climate vulnerability. Over the years, the inhabited areas that were once peripheral or extra-urban settlements have been included, generating a continuum that determines sequences of compact areas, thinned out areas, infrastructural or productive sectors (even disused ones), green areas, and parts of nature. In the sequence of urban, peri-urban, and rural categories, the parts that once represented an 'outside' to the city center are now embedded in the continuity of the built environment. This leads discontinuity in the urban structure, which can no longer be read in terms of complete parts but according to polycentric complexities, with different densities, functions, consistency of urban fabrics, and the anthropized or natural environment (Magnaghi, 2010).

The metropolitan city of Naples is one of the most populated cities in Italy (the third, with about 3,100,000 inhabitants), one of the largest and one with the highest population density. Also for the metropolitan area of Naples, the described structure is

* Testo di Mario Losasso.

* *Text by Mario Losasso.*

evident as a progression from the compact city to the consolidated one and to the urban sprawl. This structure is implemented according to different densities, in which different constituent elements of the environmental and urban characters can be traced, in a specific succession of residual natural areas and peripheral urban centers. The complex and articulated conformation derives from different genetic conditions of the urban fabrics, with different degrees of vulnerability and, potentially, distinct capacities to respond to climatic impacts.

If this is very evident for the area to the North of Naples, it is just as visible in the Western part, in a scenario that is much more articulated and different from the Northern part from the geomorphological point of view, characterized by a wide plain beyond the hills surrounding the consolidated city. The city of Naples is included between two important reliefs, Vesuvius and the Campi Flegrei area, respectively to the East and West, corresponding to two volcanic calderas that are still active. The Western part is characterized by a jagged orography consisting of 'natural amphitheatres' corresponding to the craters of the Campi Flegrei. The volcanic phenomena, still present in the springs of Agnano Terme and further West in the Solfatara of Pozzuoli, have had three main geological periods in history with the emission of products that have represented the building materials of traditional construction. These materials derive from the volcanic formation of piperno and piperno grey tuff (recognizable in the Camaldoli hill), as well as lapilli, pumice, and other conglomerates such as yellow tuff (the most extensive formation, which extends as far as the Vomero, Posillipo and Capodimonte hills). Finally, these materials derive from the white pozzolana too that characterizes most of the volcanoes that make up Campi Flegrei. The geomorphological and material aspects - which still characterize the landscape - mark the habitat and its relations with the environmental components.

The articulated and rugged course of the territory returns a specific condition of vulnerability to climate impacts, conditioned by the orographic context, infrastructural and natural limits. The orographic structure of the Western area of Naples sees the Campi Flegrei system delimited by the sea and the natural arc of hills from Marano through Camaldoli to the Posillipo hill. Urban expansion along the major road and railway infrastructure lines has resulted in a 'star-like' pattern to the North, while to the West the processes of urban saturation have been conditioned by the presence of the hills. The building to the East, already historically settled consistently since the 18th century, has developed in the flat area around Vesuvius (Bisogni & Renna, 1974). In the West Naples Macro-area, strong values can be recognized, linked to the natural and anthropized land-

risposta agli impatti climatici.

Se questo dato è molto evidente per l'area a nord di Napoli, è altrettanto verificabile nella parte occidentale, in uno scenario geomorfologicamente ben più articolato e diverso dalla parte settentrionale caratterizzata da una larga piana al di là le colline che cingono la città consolidata. La città di Napoli si inserisce fra due rilievi importanti quali il Vesuvio e l'area dei Campi Flegrei, rispettivamente a est e a ovest, corrispondenti a due caldere vulcaniche ancora attive. La parte a ovest è caratterizzata da una orografia frastagliata costituita da "anfiteatri naturali" corrispondenti ai crateri dei Campi Flegrei. I fenomeni vulcanici, ancora presenti nelle sorgenti di Agnano Terme e ancora più a ovest nella Solfatara di Pozzuoli, hanno avuto nelle epoche storiche tre periodi geologici principali con l'emissione di prodotti che hanno rappresentato i materiali da costruzione dell'edilizia tradizionale. Questi materiali derivano dalla formazione vulcanica dei banchi di piperno e tufo grigio pipernoide (riconoscibili nella collina dei Camaldoli), nonché dei lapilli, pomice e altri conglomerati come il tufo giallo (la formazione più estesa, che si protende fino alle colline del Vomero, di Posillipo e di Capodimonte) e, infine, della pozzolana bianca che caratterizza la maggior parte dei vulcani che formano i Campi Flegrei. Gli aspetti geomorfologici e materici - che caratterizzano tuttora il paesaggio - contrassegnano l'habitat e le sue relazioni con le componenti ambientali.

L'andamento articolato e accidentato del territorio restituisce una condizione specifica delle vulnerabilità agli impatti climatici, condizionati dall'andamento del contesto orografico, infrastrutturale e dei limiti naturali. La struttura orografica dell'area occidentale di Napoli vede il sistema dei Campi Flegrei delimitato dal mare e dall'arco naturale di colline che da Marano attraverso i Camaldoli prolungandosi fino alla collina di Posillipo. L'espansione lungo le maggiori linee infrastrutturali viarie e ferroviarie ha determinato a nord un modello di tipo "stel-

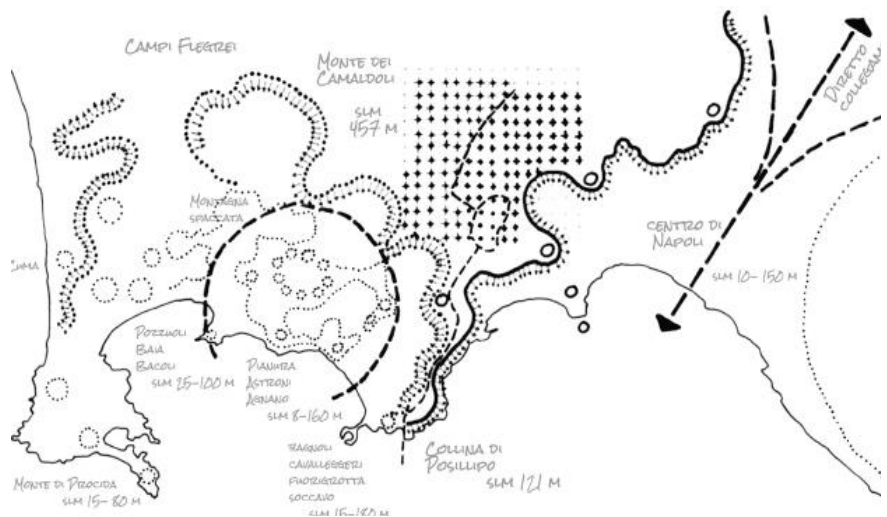


Fig. 2 - Napoli tra Vesuvio e Campi Flegrei e l'individuazione del sistema di Napoli ovest nell'ambito degli "anfiteatri" naturali/Naples between Vesuvius and Campi Flegrei and the identification of the West Naples system within the natural "amphitheatres" (Source: Bisogni & Renna, 1974).

lare” mentre a ovest i processi di saturazione urbana sono stati condizionati dalla presenza dei rilievi. A est l’edificazione, già storicamente insediata in maniera consistente a partire dal ‘700, si è sviluppata nella piana a ridosso del Vesuvio (Bisogni & Renna, 1974). Nella Macroarea di Napoli ovest si riconoscono dei forti valori legati al paesaggio naturale e antropizzato (con riferimento alle colline, al mare, alle aree industriali dismesse), all’edilizia di qualità (quartieri dell’esperienza architettonica italiana del secondo dopoguerra), alle emergenze architettoniche, alle reti infrastrutturali (infrastrutture su ferro, assi viari territoriali), alle evidenze archeologiche.

La Macroarea di Napoli ovest si presenta fino alla prima metà dell’800 come un’area a vocazione agricola, sulla quale è però già possibile rinvenire alcuni dei tracciati che strutturano il territorio in maniera pervasiva assecondando i fattori naturali e geomorfologici. Solo a partire dalla seconda metà dell’800 le cartografie storiche documentano i primi grandi elementi infrastrutturali, dall’asse di via Diocleziano, al Poligono di Tiro, fino alla linea ferroviaria della Circumflegrea. Tra la fine dell’800 e l’inizio del ‘900 viene realizzata la costruzione del quartiere di Bagnoli e viene avviato il progressivo processo di industrializzazione della Piana di Bagnoli, un tempo luogo di stabilimenti termali. Dagli anni ‘40 agli anni ‘50 vengono realizzate alcune grandi emergenze architettoniche del territorio come la Scuola di Equitazione, il Collegio Costanzo Ciano e la Mostra d’Oltremare, accanto all’edificazione - negli anni del secondo dopoguerra - del quartiere Fuorigrotta e del quartiere La Loggetta. Dello stesso periodo è la nascita di molti quartieri di edilizia economia-popolare, di grande valore e qualità architettonica, di cui sono protagonisti molti importanti progettisti dell’epoca quali M. Capobianco, M. Canino, C. Cocchia, L. Cosenza, G. De Luca, A. Libera, M. Fiorentino, L. Piccinato e altri.



Fig. 3 - Francesco la Vega, *Cart du golfe de Pouzzoles avec une partie des Champs Phlégréens*, 1778-1780 / *Francesco la Vega, Cart du golfe de Pouzzoles avec une partie des Champs Phlégréens*, 1778-1780 (Source: Napoli, Biblioteca Nazionale Vittorio Emanuele III).

scape (regarding the hills, the sea, disused industrial areas), to quality buildings (districts of the Italian architectural experience after the Second World War), to architectural emergencies, to infrastructure networks (rail infrastructures, territorial road axes), and archaeological evidence.

Until the first half of the 19th century, the West Naples Macro-area was an area with an agricultural vocation, but it was already possible to find some of the routes that structured the territory in a pervasive manner, following natural and geomorphological factors. It is only from the second half of the 19th century that historical maps document the first major infrastructural elements, from the axis of Via Diocleziano to the Poligono di Tiro and the Circumflegrea railway line. Between the end of the 19th century and the beginning of the 20th century, the construction of the Bagnoli District began, initiating the progressive process of industrialization of the Bagnoli plain, once the site of thermal establishments. From the 1940s to the 1950s, several major architectural landmarks were built in the area, such as the Riding School, the Costanzo Ciano College, and the Mostra d’Oltremare, alongside the construction - after World War II - of the Fuorigrotta and La Loggetta Districts. The same period saw the birth of many popular economy housing districts of great architectural value and quality, in which many important designers of the time were involved, such as M. Capobianco, M. Canino, C. Cocchia, L. Cosenza, G. De Luca, A. Libera, M. Fiorentino, L. Piccinato and others.

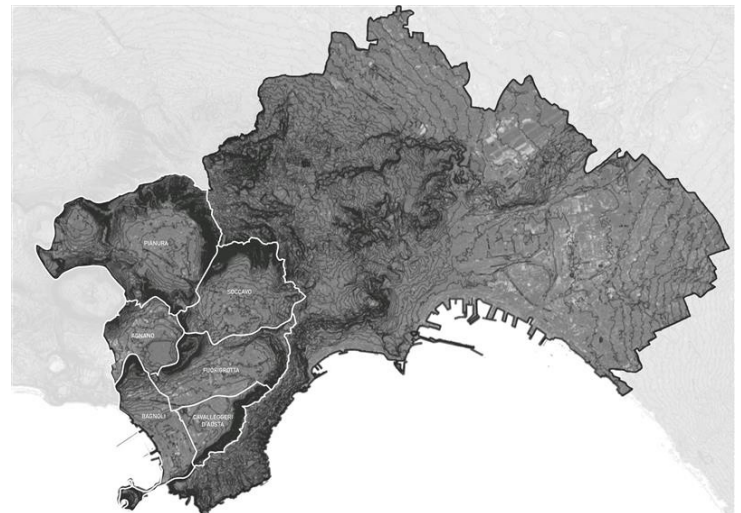


Fig. 4 - Perimetrazioni dei Distretti urbani della Macroarea di Napoli ovest / *Perimeter of the Urban Districts of the Macro-area of Naples West* (Source: Elaboration by Angela Ruggiero, 2020).

1.1.2 Urban Districts in the West Naples Macro-area

The research is focused on marginal and peripheral areas, within which the Urban District has been identified as the best dimension for studying the effects of climate change, understood as the part of the city on which to intervene with adaptive design approaches. The perimeter of the Districts is defined by geomorphological, infrastructural, and natural limits that determine a physiographic homogeneity and, therefore, also homogeneous vulnerabilities and potential responses to climate impacts. The approach to climate adaptation implemented "by Districts" develops at an intermediate scale between the city and the District. This makes it possible to define similar cognitive frameworks and lines of intervention that can be uniformly applied, overcoming the administrative zoning of the territory and the definition of strategies that are only on a large scale or, on the contrary, excessively punctual.

Geomorphological limits and the resulting hydrological basin areas are decisive for the assessment of climate vulnerability. Also, the consideration of the exposure to radiation factors and, therefore, to the heat wave phenomenon, are conditioned by the consistency of the buildings, the natural ventilation, and the orientation resulting from the geomorphological conformation of the sites. More than in other contexts of the city, in West Naples the geomorphological aspects are decisive for the contribution to the perimeter of the Urban Districts. The large plain of Fuorigrotta - bordered by the hills of Coroglio to the South and Monte Spina, Agnano, Soccavo, and Camaldoli to the



Fig. 5 - Perimetrazione e caratteristiche dei Distretti urbani all'interno della Macroarea di Napoli ovest / *Perimeter and characteristics of the Urban Districts within the Macro-area of Naples West* (Source: Elaboration by Denise Di Mauro and Sara De Rogatis, 2019).

1.1.2 I Distretti urbani della Macroarea di Napoli ovest

La ricerca è specificamente focalizzata sulle aree di margine e periferiche, all'interno delle quali è stata individuata come dimensione conforme e ottimale per lo studio degli effetti del cambiamento climatico quella del Distretto urbano, inteso come parte della città sulla quale intervenire con approcci di *adaptive design*. La perimetrazione dei Distretti è definita da limiti geomorfologici, infrastrutturali e naturali che determinano un'omogeneità fisiografica e, quindi, anche omogenee vulnerabilità e potenzialità di risposta agli impatti climatici. L'approccio all'adattamento climatico attuato "per Distretti" si sviluppa a una scala intermedia tra la città e il quartiere, permettendo così di definire quadri conoscitivi analoghi e linee di intervento applicabili uniformemente, superando la zonizzazione amministrativa del territorio e la definizione di strategie solo alla grande scala o, al contrario, di carattere eccessivamente puntuale.

Per la valutazione della vulnerabilità climatica risultano determinanti i limiti geomorfologici e le conseguenti aree di bacino idrologico, ma anche la considerazione dell'esposizione ai fattori di irraggiamento e, quindi, al fenomeno dell'ondata di calore, condizionato nei suoi effetti dalla consistenza del costruito, dalla ventilazione naturale e dall'orientamento derivante dalla conformazione geomorfologica dei siti. Più che in altri contesti, a Napoli ovest gli aspetti geomorfologici sono decisivi per il contributo alla perimetrazione dei Distretti urbani. La grande piana di Fuorigrotta - delimitata tra le colline di Coroglio a sud e di monte Spina, Agnano, Soccavo e Camaldoli tra nord e ovest e del Vomero a nord-est - costituisce un'ampia area urbanizzata con vari nuclei insediativi.

Le componenti geomorfologiche hanno guidato la ricerca nella definizione dei Distretti urbani, considerando le piane pedecollinari all'interno dei crateri e la piana alluvionale di Bagnoli-Fuorigrotta come elementi di grande omogeneità per il comportamento climatico, accanto alle delimitazioni definite dalle linee di crinale

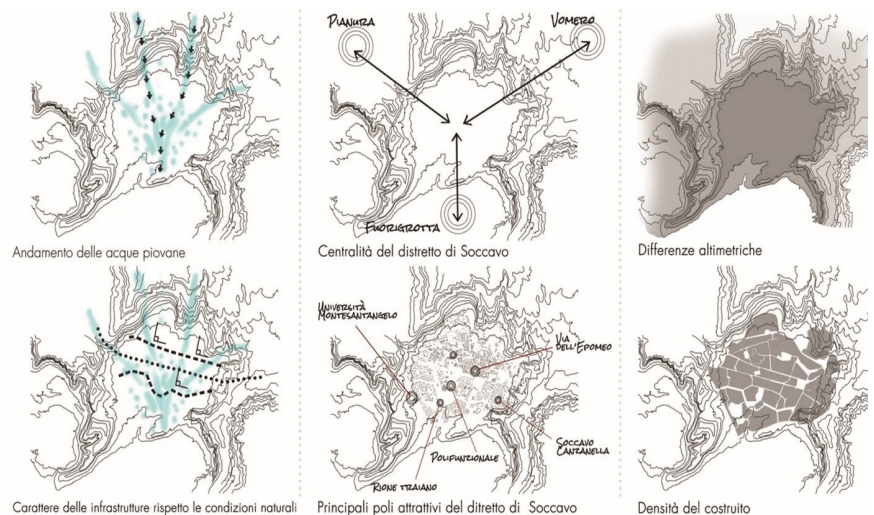


Fig. 6 - Lettura interpretativa del Distretto di Soccavo / *Interpretative reading of the District of Soccavo* (Source: Elaboration by Simona Cuccurese and Francesca De Luca, 2018).

delle colline. La presenza di importanti infrastrutture su ferro ha definito ulteriori elementi di delimitazione all'interno della piana. Dall'integrazione dei dati cartografici e dal confronto con le suddivisioni amministrative delle municipalità e dei quartieri, sono emerse chiare indicazioni sulle delimitazioni dei Distretti che si sono discostati, in alcuni casi, anche sensibilmente dai perimetri amministrativi. Un caso emblematico riguarda lo sperone di Monte Sant'Angelo, associato amministrativamente a Fuorigrotta e invece, geomorfologicamente, componente di delimitazione della piana di Fuorigrotta e attribuibile al Distretto di Soccavo come suo limite a est nella chiusura dell'asse di via Cinthia.

L'utilizzo di alcuni parametri (limiti naturali e infrastrutturali; evoluzione storica; tipologie edilizie e funzioni; morfologia del tessuto edificato e dei tipi edilizi; superficie; numero degli abitanti; principi insediativi) ha consentito di circoscrivere i perimetri e definire i Distretti urbani dell'intera Macroarea. In particolare, sono stati definiti i Distretti di Cavalleggeri d'Aosta (delimitato dal costone di Posillipo e dalla linea "direttissima" Napoli-Roma, oggi linea Metropolitana 2), di Fuorigrotta (delimitato da detta linea metropolitana e dalle alture di Soccavo, Agnano e Monte Spina), di Bagnoli (nella piana a est di Fuorigrotta, comprensivo dell'area industriale dismessa dell'ex-Italsider), di Pianura (nella piana pedecollinare del cratere di Pianura) e di Soccavo, (nella piana pedecollinare del cratere omonimo). Altre due aree, anch'esse definibili come "Distretti" ma di autonoma e specifica identità, sono l'area industriale dismessa ex-Italsider a Bagnoli e l'area del complesso della Mostra d'Oltremare. All'interno di ciascun Distretto si individuano specifiche omogeneità, non solo di carattere geomorfologico ma anche relative alla tipologia di edificazione, alle tecniche costruttive degli edifici, alle coerenze infrastrutturali, alle relazioni con le tracce della storia (tracciati storici, progressive conurbazioni, caratteristiche dell'edificato, etc.).

1.1.3 Le analisi ambientali, funzionali-spaziali e tecnologiche

Il quartiere di Soccavo è situato nella piana pedecollinare oltre la cresta collinare formata dalla congiunzione dei rilievi di Posillipo e del Vomero. "Soccavo" proviene dal latino "*sub cava*" ("sotto la cava"), nome attribuito in epoca anteriore all'XI secolo che fa riferimento alle numerose cave di tufo e piperno utilizzate dai Romani. La presenza di insediamenti romani di epoca imperiale è testimoniata da numerose evidenze archeologiche - costituite da diverse ville rustiche e da un "*colombarium*" - mentre il processo insediativo in epoca medievale è testimoniato dalla presenza di numerose torri di controllo del territorio. In epoca borbonica Soccavo costituisce uno dei tanti Casali che erano in relazione con la città di Napoli sia per l'approvvigionamento di materiali da costruzione che di prodotti agroalimentari. Soccavo perde il rango di comune autonomo nel 1926 con la costituzione della "grande Napoli" che assorbe tutti i Casali della provincia, compresi quelli ubicati a nord e a oriente. Nel periodo del secondo dopoguerra, l'infrastruttura della ferrovia Circumflegrea favorisce l'espansione urbana, che si concretizza negli anni '50-'60 con l'edificazione del rione Traiano e del complesso Soccavo-Canzanella.

Il sistema della conoscenza - delle informazioni, dei dati e delle caratteristiche del Distretto nella sua complessa strutturazione - ha rappresentato un momento di significativa elaborazione della ricerca come attuazione dei principi metodologici che la hanno caratterizzata. Nell'approccio proprio della progettazione ambienta-

North and West, and Vomero to the North-East - constitutes a large urbanized area with various settlements.

Geomorphological components guided the research in defining the Urban Districts, considering the foothills within the craters and the alluvial plain of Bagnoli-Fuorigrotta as elements of great homogeneity for climatic behavior, alongside the delimitations defined by the ridge lines of the hills. The presence of important railway infrastructures has defined further delimitation elements within the plain. The integration of the cartographic data and the comparison with the administrative subdivisions of the municipalities gave clear indications of District boundaries that differed, in some cases, even significantly from the administrative perimeters. An emblematic case concerns the spur of Monte Sant'Angelo, administratively associated with Fuorigrotta and instead, from a geomorphological point of view, a component of the delimitation of the Fuorigrotta plain and attributable to the District of Soccavo as its Eastern limit in the closure of the axis of Via Cinthia.

The use of several parameters (natural and infrastructural limits; historical evolution; building types and functions; morphology of the built fabric and building types; surface area; the number of inhabitants; settlement principles) has made it possible to circumscribe the perimeters and define the Urban Districts of the entire Macro-area. In particular, the Districts of Cavalleggeri d'Aosta (delimited by the Posillipo hillside and by the "direttissima" Naples-Rome line, today known as Metro line 2), Fuorigrotta (delimited by the above-mentioned metro line and by the heights of Soccavo, Agnano and Monte Spina), Bagnoli (in the plain to the East of Fuorigrotta, including the disused industrial area of the ex-Italsider), Pianura (in the foothills of the Pianura crater) and Soccavo (in the foothills of the crater of the same name). Two other areas, also definable as "Districts" but with an autonomous and specific identity, are the disused ex-Italsider industrial area in Bagnoli and the area of the Mostra d'Oltremare complex. Within each District, specific homogeneities are identified, not only of a geomorphologic nature but also related to the type of building, the construction techniques of the buildings, the coherence of the infrastructures, the relationships with the traces of history (historical routes, progressive conurbations, characteristics of the built environment, etc.).

The District of Soccavo is located in the foothills beyond the hill ridge formed by the junction of the Posillipo and Vomero hills. "Soccavo" comes from the Latin "sub cava" ("under the quarry"), a name is given in the period before the 11th century that refers to the numerous tuff and piperno quarries used by the Romans. The presence of Roman settlements in the Imperial age is testified by a lot of archaeological evidence - consisting

of several rustic villas and a "colombarium" - while the settlement process in the Middle Ages is testified by the presence of several towers that controlled the territory. In the Bourbon era, Soccavo was one of the many hamlets that were in contact with the city of Naples, both for the supply of building materials and agricultural products. Soccavo lost its status as an autonomous municipality in 1926 with the constitution of the 'great Naples', which absorbed all the Casali of the province, including those located to the North and East. After World War II, the Circumflegrea railway infrastructure favored urban expansion, which took shape in the 1950s and 1960s with the building of the Traiano District and the Soccavo-Canzanella complex.

The knowledge system - of information, data, and characteristics of the District in its complex structure - represented a moment of significant elaboration of the research as the implementation of the methodological principles that characterized it. In the environmental planning approach, the collection of data, the processing of information and the acquisition of interpretative readings represented a significant factor in the knowledge frameworks intended as the basis for the intervention proposals of the operational research phase. Alongside these factors, urban themes and unsolved nodes were investigated from the point of view of housing and infrastructural conditions, but also within the issues of urban design, understood as an approach to the project in terms of its relationship with the rules expressed by the context in both its morphological, urban, and environmental characteristics. The knowledge and analysis phase of the District was carried out through cartographic-documentary research and subsequent synthesis of the information and knowledge acquired, which flowed into a critical-interpretative reading of the environmental values, the urban centralities, and the main poles of attraction of the District. One of the most interesting findings was the reading of the ideas of the city concerning the nature contained at the basis of the project for the Traiano District by M. Canino in the mid-1950s. The District is conceived in an integrated way to the green valleys of rainwater runoff from the Camaldoli hill overlooking Soccavo and is connected in its parts by a park way, according to a clear reference to the Northern European examples of the time (De Falco, 2018).

To investigate the District in terms of its response to climate impacts, environmental analyses were carried out by constructing a queryable database processed in GIS, containing information on the characteristics of the built environment (type and age of construction, hierarchy of urban grids, and density of the built environment). The use of the information in GIS format made it possible to trace not only a climatic evolutionary profile of the District, but also the responses to environmental impacts due to the characteristics of its physical component.

le, la raccolta di dati, l'elaborazione delle informazioni e l'acquisizione di letture interpretative ha rappresentato un fattore rilevante dei quadri di conoscenza intesi come basi per le proposte di intervento proprie della fase di ricerca operativa. Accanto a questi fattori, sono stati indagati i temi urbani e i nodi irrisolti dal punto di vista delle condizioni abitative, infrastrutturali ma anche interne alle questioni del progetto urbano, inteso come approccio al progetto in termini di relazione con le regole espresse dal contesto sia nei caratteri tipo-morfologici che urbani e ambientali. La fase di conoscenza e analisi del Distretto è stata svolta attraverso una ricerca cartografico-documentaria e una successiva sintesi delle informazioni e delle conoscenze acquisite, confluite in una lettura critico-interpretativa dei valori ambientali, delle centralità urbane e dei principali poli attrattori del Distretto. Una delle evidenze più interessanti è stata la lettura delle idee di città in relazione alla natura contenuta alla base del progetto per il rione Traiano a opera di M. Canino nella metà degli anni '50. Il quartiere è concepito in maniera integrata ai valloni verdi di scorrimento delle acque meteoriche dalla collina dei Camaldoli che sovrasta Soccavo ed è connesso nelle sue parti da una *park way*, secondo un chiaro riferimento agli esempi nord-europei del tempo (De Falco, 2018).

Al fine di indagare il Distretto in termini di risposta agli impatti climatici, sono state eseguite delle analisi ambientali costruendo un database interrogabile elaborato in GIS, contenente le informazioni delle caratteristiche del costruito (tipologia ed epoca di costruzione degli edifici, gerarchia dei tracciati, densità del costruito). L'utilizzo delle informazioni in formato GIS ha consentito di tracciare non solo un profilo climatico evolutivo del Distretto, ma anche delle risposte agli impatti ambientali dovute alle caratteristiche costitutive della sua componente fisica. La conoscenza del Distretto, avvenuta in ambiente GIS mediante la costruzione di database, ha consentito l'elaborazione dei dati opportunamente georeferenziati e la successiva elaborazione di carte tematiche, relative alla densità del costruito, alla tipologia edilizia, all'epoca di costruzione e alle destinazioni d'uso degli edifici. Le analisi, restituite attraverso carte tematiche, sono state prevalentemente di tipo funzionale-spaziale e ambientale. L'analisi della gerarchia dei tracciati evidenzia una prevalenza di tracciati trasversali rispetto ai longitudinali mentre, dall'analisi della permeabilità dei suoli, emerge la consistenza dei suoli nudi e dei suoli evapo-traspiranti, dei quali è stata evidenziata la concentrazione del verde nell'area nord e nell'area centrale del Distretto. I caratteri insediativi e urbani definiscono, infine, una chiara suddivisione in un'area a nord e una a sud, la prima prevalentemente commerciale e a sviluppo lineare, la seconda concepita secondo i riferimenti culturali nord-europei di una parte di città organicamente inserita nella natura.

1.1.4 Elaborazione dei dati per la conoscenza

La prima fase di conoscenza del Distretto è stata realizzata attraverso una elaborazione di dati e informazioni, sintetizzati in carte tematiche che esprimono le risposte del Distretto agli impatti climatici. Le carte tematiche sono state elaborate attraverso i valori degli indicatori ambientali, evidenziando quanto le aree densamente costruite restituiscano soglie critiche di *runoff* e di albedo. Questo passaggio ha richiesto la selezione di un *set* di indicatori specifici per considerare i livelli di vulnerabilità climatica ad alcuni impatti come il *pluvial flooding* e l'ondata di calore. Le carte tematiche hanno rappresentato una descrizione del comportamento ambientale dei tessuti edificati, in relazione agli indicatori di *runoff*,

albedo, permeabilità dei suoli, NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*). Dal confronto fra le varie carte, emergono punti chiave (*hot spot*) in cui alcune criticità specifiche si concentrano o si sovrappongono. Accanto alle criticità legate alla vulnerabilità climatica, sono state individuate quelle di natura funzionale-spaziale e tecnologica, nonché di condizioni irrisolte rispetto a rilevanti temi urbani (Losasso, 2016).

La sovrapposizione delle carte tematiche in termini di *layers* ha consentito di individuare le aree in cui sono presenti condizioni di omogeneità considerando i vari parametri precedentemente evidenziati. Dalla loro sovrapposizione e interpretazione emerge la suddivisione del Distretto in Ambiti omogenei, unità minime rispetto alle quali attuare appropriate analisi urbane e ambientali in relazione ai possibili interventi di adattamento climatico, da realizzare in base ai livelli di vulnerabilità e agli *hot spot* rilevati con le carte tematiche derivate dai valori degli indicatori chiave (Losasso, 2017).

La classificazione degli ambiti urbani in base a specifiche caratteristiche dei tessuti urbani ha restituito i livelli tassonomici necessari per individuare le prevalenze e le omogeneità fra i vari ambiti: tessuto urbano storico, tessuto urbano contemporaneo, insediamento informale/*sprawl*, lottizzazione privata, attrezzature di servizio/terziario, aree sottoutilizzate intra-urbane, aree agricole integre, aree agricole frammentate. Si è dimostrato che ambiti caratterizzati dallo stesso mix di tessuti e da un omologo grado di omogeneità, in uno stesso Distretto, restituiscono analoghi livelli di vulnerabilità rispetto ai fenomeni climatici prevalenti, prefigurando omogenee potenzialità di risposta in base a interventi di adattamento standardizzabili e parametrizzabili.



Fig. 7 - Analisi funzionali-spaziali e analisi ambientale di Soccavo; b) individuazione degli Ambiti urbani omogenei / *Functional-spatial analysis and environmental analysis of Soccavo; b) identification of Homogeneous Urban Areas* (Source: Elaboration by Simona Mascolino, 2018).

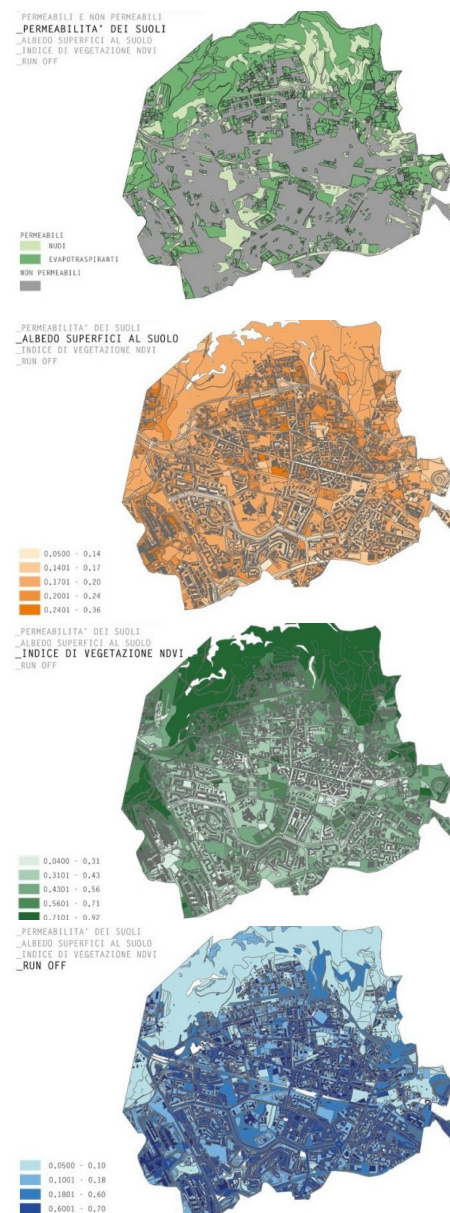


Fig. 8 - Carte tematiche riferite ai valori assunti da 4 indicatori che offrono una descrizione indiretta dei livelli di vulnerabilità alle *heavy rains* e alla *heat wave*: permeabilità dei suoli, albedo delle superfici al suolo, indici NDVI e di runoff / *Thematic maps referring to the values assumed by 4 indicators that offer a description of the levels of vulnerability to heavy rains and heat wave: soil permeability, albedo of soil surfaces, NDVI and runoff indexes* (Source: Elaboration by Denise Di Mauro and Sara De Rogatis, 2019).

The knowledge of the District carried out in a GIS environment through the construction of databases, has allowed the processing of appropriately geo-referenced data and the subsequent processing of thematic maps, relating to the density of the built environment, the type of building, the age of construction and the intended use of the buildings. The analyses, returned through thematic maps, were mainly functional-spatial and environmental. The analysis of the hierarchy of the paths shows a prevalence of transversal paths compared to longitudinal ones, while the analysis of the permeability of the soils shows the consistency of bare soils and evapo-transpiring soils, of which the concentration of green areas in the Northern and central area of the District has been highlighted. Finally, the settlement and urban characteristics define a clear subdivision into a Northern and a Southern area, the first one mainly commercial and with a linear development, the second one conceived according to the North-European cultural references of a part of the city organically included in nature.

1.1.4 Data processing for knowledge

The first phase of knowledge of the District has been carried out through data and information processing, summarised in thematic maps expressing the District responses to climate impacts. The thematic maps were processed through the values of environmental indicators, highlighting the extent to which densely built-up areas return critical runoff and albedo thresholds. This step required the selection of a specific set of indicators to consider levels of climate vulnerability to some impacts such as pluvial flooding and heatwaves. The thematic maps represented a description of the environmental behavior of built-up areas, concerning the indicators of runoff, albedo, soil permeability, NDVI (Normalized Difference Vegetation Index). From the comparison between the various maps, key points (hot spots) emerge in which specific criticalities are concentrated or overlapped. Alongside the criticalities related to climate vulnerability, those of a functional-spatial and technological nature were identified, as well as unresolved conditions with respect to relevant urban issues (Losasso, 2016).

The overlapping of the thematic maps in terms of layers has made it possible to identify the areas in which homogeneous conditions are present considering the various parameters previously highlighted. From their overlapping and interpretation, it emerges the subdivision of the District into Homogeneous Areas, minimum units concerning which it is possible to implement appropriate urban and environmental analyses concerning possible climate adaptation interventions, to be carried out according to the vulnerability levels and hotspots detected with the thematic maps derived from the values of the key indi-

1.2 L'ADATTAMENTO CLIMATICO DEL DISTRETTO URBANO. UNA PROPOSTA DI INFRASTRUTTURA VERDE GIS-BASED*

L'applicazione di un processo *hazard-specific* e interscalare all'adattamento climatico della Macroarea occidentale di Napoli, prende l'avvio dalla determinazione di utilizzare l'infrastruttura verde urbana come ossatura portante di un articolato di interventi di dimensioni minori, finalizzati a irrobustire l'efficienza delle prestazioni ambientali erogate dal sistema urbano per ridurre i rischi derivanti da fenomeni connessi al cambiamento climatico. Le ragioni della scelta sono motivate sia dalla valutazione tecnica delle infrastrutture verdi nell'ambito del progetto urbano, sia all'importanza che l'Unione Europea attribuisce alle stesse, considerando la parte integrante della strategia comunitaria sull'adattamento climatico, nonché presupposto essenziale per l'avanzamento delle iniziative europee sul consumo di suolo, sulla biodiversità, sull'efficienza energetica e sulla riduzione del rischio ambientale (EU-COM/2013/0249, 2013). La centralità delle infrastrutture verdi nella politica europea è avvalorata inoltre dall'attivazione di molteplici opportunità di finanziamento delle stesse all'interno dei documenti per la programmazione regionale, che ne auspicano l'integrazione nell'ambito di progetti territoriali e di interventi finalizzati (es. Regional Development Funds, Rural Development Fund, Life Programme, etc.). Non è un caso infatti che i documenti ufficiali tendano a sottolineare il valore "infrastrutturale" dei sistemi di spazi verdi, con riferimento al vantaggio sociale e ai benefici diretti e indiretti derivanti dalla produzione di servizi ecosistemici, tra questi annoverando anche i valori economici generati dalla riduzione dei danni potenziali (spesso però non direttamente quantificabili in termini di costo) e dalla valorizzazione commerciale degli spazi pubblici esistenti (Costanza et al., 2014; Symons et al., 2015; Rigillo, 2016). Il successo delle infrastrutture verdi ha però quale condizione vincolante la disponibilità di suolo evapotraspirante. È questo, infatti, il *medium* naturale che, insieme con la vegetazione, consente di produrre servizi ecosistemici in grado di contrastare alcuni tra i più devastanti effetti del riscaldamento globale, agendo sia sulla riduzione delle emissioni di CO₂ in atmosfera, sia sulla riduzione del rischio derivante da fenomeni quali l'ondata di calore o eventi di pioggia eccezionali. La definizione adottata nei documenti ufficiali dell'Unione è quindi la seguente: «strategically planned network of natural and semi-natural areas with other environmental features designed and managed to deliver a wide range of ecosystem services» (EU-COM/2013/0249, 2013), cui si aggiunge la definizione dell'Agenzia Europea per l'Ambiente: «Green infrastructure is a concept addressing the connectivity of ecosystems, their protection and the provision of ecosystem services, while also addressing mitigation and adaptation to climate change. It contributes to minimizing natural disaster risks, by using ecosystem-based approaches [...] while increasing the resilience of ecosystems» (EEA, Technical Report n.18/2011).

Alla luce di tali considerazioni, la *Research Unit* di Napoli assume le definizioni citate come riferimento concettuale del lavoro di progetto, ulteriormente integrate dalla dichiarazione della Direzione Generale Europea: «Green infrastructure [...] also promotes integrated spatial planning by identifying multifunctional zones, and by incorporating habitat restoration measures and other connectivity ele-

* Testo di Valeria D'Ambrosio, Marina Rigillo, Ferdinando Di Martino.

ments into various land-use plans and policies» (<http://ec.europa.eu/environment/nature>). L'azione del connettere spazi e servizi, unitamente all'idea di un reciproco supporto delle aree all'interno della rete, legittima la deduzione che aree diverse forniscano diversi servizi ecosistemici, sia perché caratterizzate da livelli differenti di naturalità, sia perché diversamente posizionate all'interno della rete.

Questa riflessione conduce ai seguenti assunti di ricerca:

- l'infrastruttura verde è intesa come una rete di ecosistemi operativi a scala urbana, in cui diverse tipologie di aree verdi supportano la produzione di servizi ecosistemici in ragione della loro estensione dimensionale, della loro posizione nella rete e delle loro caratteristiche specifiche;
- coerentemente con le definizioni poste a fondamento della ricerca, le componenti di una infrastruttura verde sono riconducibili alle seguenti quattro tipologie di aree: *core areas*, *buffer zones*, *stepping zones*, *hubs and corridors*;
- la ricerca applica un approccio *hazard-specific*, con particolare riferimento agli impatti generati dal fenomeno della *heat wave*.

All'interno del quadro generale sopra descritto, la domanda di ricerca dello studio si concentra sulla necessità di rilevare tra le aree verdi urbane esistenti quelle che potenzialmente possono essere utilizzate per la progettazione di infrastrutture verdi alla scala di Distretto urbano. Lo studio implementa un processo decisionale *GIS-based* per classificare le aree verdi urbane esistenti attraverso l'applicazione di criteri desunti dalla letteratura scientifica (Cook, 2002) e per riconoscere all'interno delle aree verdi esistenti quelle coerenti per la produzione di servizi ecosistemici. Lo studio mira a identificare i potenziali componenti delle infrastrutture verdi alla scala di Distretto, fornendo una loro classificazione come *core areas*, *stepping zones*, *hubs and corridors*. Al fine di garantire la replicabilità dei risultati, adotta *dataset* standardizzati (Regional Topographic DataBase, in scala 1:5.000), disponibili gratuitamente, unitamente a informazioni derivanti dall'analisi spaziale effettuata da immagini di telerilevamento (Pleyades, 2017).

La ricerca propone un modello in cinque fasi:

1. Perimetrazione della Macroarea occidentale di Napoli e identificazione dei Distretti urbani di interesse;
2. Individuazione dei requisiti di efficienza ecologica per la progettazione di infrastrutture verdi urbane;
3. Individuazione delle componenti potenziali di una infrastruttura verde a scala di Distretto;
4. Analisi degli scenari di impatto;
5. Individuazione delle aree di intervento prioritarie.

1.2.1 Area di studio

L'area di studio è la zona occidentale di Napoli. L'area comprende quattro Distretti urbani che si distinguono tra di loro per la specificità dei modelli insediativi, per l'uso del suolo e per le caratteristiche dell'ambiente costruito (eterogeneo sia in rapporto all'epoca di costruzione, sia per le tipologie edilizie presenti) (Fig.9). La descrizione del contesto fisiografico evidenzia invece l'origine vulcanica del luogo (complesso geologico dei Campi Flegrei). Sulla base delle caratteristiche fisiche descritte, e in ragione dell'approccio *hazard-specific* adottato, l'area di studio è identificata dai confini amministrativi dei quattro Distretti urbani di Bagnoli, Fuorigrotta, Pianura e Soccavo cui sono sovrapposti dati ambientali e demogra-

catori (Losasso, 2017).

The classification of urban areas according to specific characteristics of urban fabrics has given back the taxonomic levels necessary to identify prevalence's and homogeneous factors among the different areas: historical urban fabric, contemporary urban fabric, informal settlement/sprawl, private allotment, service/tertiary equipment, intra-urban underused areas, intact agricultural areas, fragmented agricultural areas. It has been shown that areas characterized by the same mix of urban fabrics and a similar degree of homogeneity, in the same District, provide similar levels of vulnerability to the prevailing climatic phenomena, foreshadowing homogeneous response potentials based on standardized and adaptation interventions capable to be expressed by parameters.

1.2 THE CLIMATE ADAPTATION OF URBAN DISTRICTS. A GIS-BASED DESIGN PROPOSAL FOR GREEN INFRASTRUCTURES AT URBAN DISTRICT SCALE*

The research goal is the application of a hazard-specific and multiscale design approach to the climate adaptation project of the Western area of Naples. The study assumes urban green infrastructures as the backbone of a vary set of smaller operations aimed at strengthening the Ecosystem Services (ESs) at urban scale in order to reduce the climate risks locally. The study takes in account the European Union position, which attributes to green infrastructures a key role on climate adaptation. The latter is also considered an essential prerequisite for advancing in many EU initiatives such as those on land consumption, biodiversity, energy efficiency and the environmental risk reduction (EU-COM / 2013/0249, 2013). The relevance of green infrastructures in the European policy is also confirmed by the multiple funding opportunities within the main EU Regional calls (i.e. Regional Development Funds, and the Rural Development Fund, Life Program, naming by few).

The EU official documents also emphasize the social value of the term "infrastructure". The latter refers indeed to the many benefits (direct and indirect) deriving from urban green areas and from the ESs provided by, including the ones generated by the reduction of the climate risk potential impacts (often not directly estimable in economic terms), and those coming from the commercial redevelopment of the public spaces (Costanza et al., 2014; Symons et al., 2015; Rigillo, 2016).

* Text by Valeria D'Ambrosio, Marina Rigillo, Ferdinando Di Martino.

However, the success of a green infrastructure depends on the availability of evapotranspiring soils. Soil is indeed the natural medium which makes possible to produce the ESs able at counteracting some of the most devastating effects of the global warming. The biological functions of vegetated soils act for the reduction of CO2 emissions into the atmosphere, and for reducing climate risks notably those coming from heat wave or pluvial flooding. According to these comments, the EU documents enhance the systemic value of green infrastructure, defined 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» (EU-COM/2013/0249, 2013). Further, the European Environmental Agency confirms the green infrastructures ecological potential, assuming that «Green infrastructure is a concept addressing the connectivity of ecosystems, their protection and the provision of ecosystem services, while also addressing mitigation and adaptation to climate change. It contributes to minimizing natural disaster risks, by using ecosystem-based approaches [...] while increasing the resilience of ecosystems» (EEA, Technical Report n. 18/2011).

In light of these considerations, the Research Unit of the University of Naples Federico II assumes the above definitions as the conceptual framework of the study, further supplemented by the European Directorate General declaration when affirming: «Green infrastructure [...] also promotes integrated spatial planning by identifying multifunctional zones, and by incorporating habitat restoration measures and other connectivity elements into various land-use plans and policies» (<http://ec.europa.eu/environment/nature>). The capacity of connecting spaces and services, together with the idea of developing a mutual ecological support, enforce the objection that different areas provide different ESs within the network, due both the different levels of naturalness of each area and the diverse location of the areas within the network.

These remarks lead toward the following research assumptions:

- Green infrastructure is here understood as an operational ecosystems network at urban scale, in which different types of green areas support the production of ESs according to their size, to their position in the network and to their specific characteristics.
- The components of a green infrastructure are those specifically indicated by the EU documents, and therefore core areas, buffer zones, stepping zones, hubs and corridors.
- The design of the green infrastructure depends on both site specific and hazard-specific conditions.

According to these assumptions, the research question focuses on how identifying potential green infrastructure com-

fici. La logica di tale scelta risiede nel fatto di mettere a sistema le informazioni sull'ambiente fisiografico (con dati forniti dall'Autorità di Bacino della Campania Centrale e da quelli riportati nella Naturalness Map di Napoli, Assessorato alla Pianificazione) con quelle riguardanti la quantità di persone e di servizi potenzialmente esposti a rischio (con riferimento ai *dataset* del Comune di Napoli, dettagliati per sotto-distretti e i dati provenienti dall'Istituto Nazionale di Statistica - ISTAT).

Affinché il suolo (e le eventuali superfici d'acqua presenti) siano in grado di produrre i benefici indicati dal MEA (2015), e contribuire così al processo di adattamento climatico delle città, le condizioni di efficienza ecologica degli stessi devono essere pienamente garantite. Con il termine efficienza ecologica, la letteratura scientifica tipicamente definisce il grado di efficienza con cui l'energia si trasmette da un livello trofico a un altro, all'interno di un ecosistema (https://en.wikipedia.org/wiki/Ecological_efficiency). Nell'ambito degli studi sui servizi ecosistemici, il termine efficienza è stato messo in relazione con le prestazioni complessivamente erogate dagli ecosistemi, comparando la distanza tra i servizi prodotti e le risorse utilizzate (comprese quelle economiche), ma anche, e più in generale, la capacità di un ecosistema di produrre servizi ecosistemici in grado di rispondere agli obiettivi di sostenibilità dell'abitare contemporaneo (Costanza & Folk, 1997). Il presente studio utilizza quindi il termine efficienza ecologica per riferire della interdipendenza tra struttura ecologica delle aree verdi urbane (equiparate a piccoli *habitat* locali) e la loro capacità di produrre servizi ecosistemici nel tempo. Si vuole in particolare portare l'attenzione su una serie di caratteristiche fisiche ed ecologiche che un suolo urbano deve possedere per poter erogare servizi ecosistemici e per potere essere considerato come potenziale componente di una infrastruttura verde urbana. Sulla base dei riferimenti analizzati nella letteratura di settore, e segnatamente l'articolo di Robert Cook *Landscape structure indices*

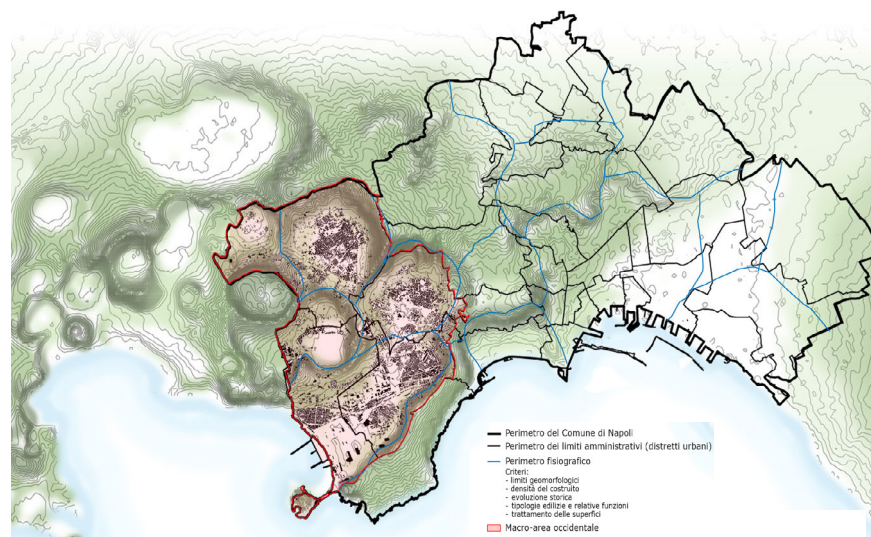


Fig. 9 - Perimetrazione della Macroarea occidentale nel Comune di Napoli / *Perimeter of the Western Macro-area in the City of Naples* (Source: Authors' elaboration).

for assessing urban ecological networks (Cook, 2002) la ricerca vuole definire un quadro di conoscenza funzionale a descrivere attraverso un *set* di indicatori desunti dalla letteratura la maggiore o minore robustezza degli ecosistemi urbani.

Gli indicatori sono stati scelti in funzione della determinazione delle principali funzioni biologiche di tali aree verdi urbane. Sono stati individuati, da letteratura, quattro indicatori di sintesi, che definiscono alcune tra le condizioni essenziali affinché le aree verdi urbane provvedano a erogare servizi ecosistemici (Cook, 2002). Questi sono stati poi organizzati secondo uno schema logico volto a esplicitare le caratteristiche di reciproca interdipendenza tra le stesse (Fig. 10). Le caratteristiche selezionate sono le seguenti:

- Efficienza fisica del suolo, definita attraverso gli indicatori:
 - SIZE, che identifica la dimensione delle superfici;
 - COMPACTNESS, che definisce la compattezza delle aree verdi in base alla sua forma.
- Efficienza della vegetazione del suolo definita attraverso gli indicatori:
 - STRUCTURE, che indica la consistenza della vegetazione;
 - DIVERSITY, che definisce le tipologie di vegetazione.

Allo scopo di garantire la verificabilità del lavoro, ma anche la sua replicabilità su scala nazionale, le fonti dati utilizzati provengono tutti da *database* istituzionali e *open source*. In particolare, sono stati utilizzati i seguenti:

- *Data Base* Topografico (DBT) della Regione Campania 2011, collaudato nel settembre 2017 in scala 1:5000, e realizzato attraverso la conversione della Carta Tecnica Regionale numerica (in collaborazione con l’Agenzia per l’Italia Digitale sulla base di specifici documenti di mapping che regolano le corrispondenze tra *layer* della Cartografia Tecnica Regionale);
- Tematismo poligonale “wgs-Opendata” (fonte: Comune di Napoli) che riporta al suo interno le informazioni relative alle tipologie di vegetazione ed eventuali

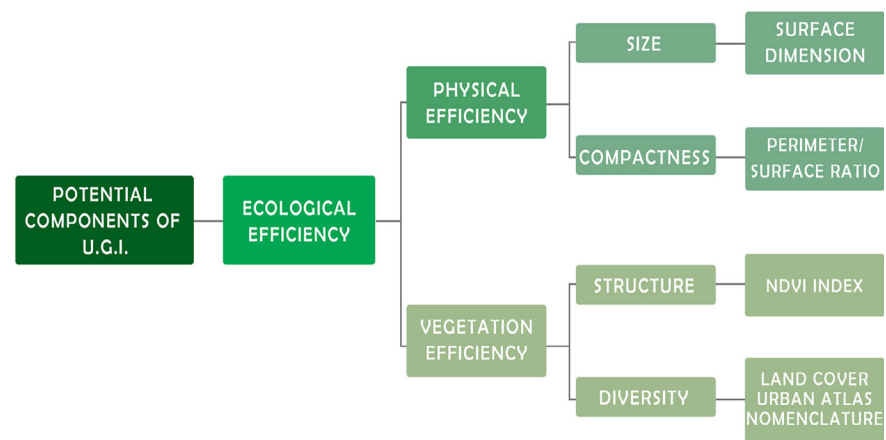


Fig. 10 - Struttura del modello di conoscenza GIS-Based / Structure of the GIS-Based Knowledge Model (Source: Authors' elaboration).

ponents among the existing urban green areas at the Urban District scale for coping the heat wave phenomenon. The study implements a GIS-based decision-making process to classify the existing urban green areas through the application of some indicators derived from literature (notably the article by Robert Cook, *Landscape structure indices for assessing urban ecological networks*, 2002), aiming at recognizing those areas which are consistent with the basic requirement for the ESS production. Further, the study aims at identifying the potential green infrastructure components at the District scale, providing their classification as core areas, stepping zones, and hubs. In order to guarantee the results repeatability, the study adopts standardized and open datasets (Regional Topographic Database, in scale 1: 5,000), together with further information deriving from the spatial analysis carried out by remote sensing images (Pleyades, 2017).

The study is organized in a five-steps methodology:

1. Defining criteria for bordering of the study area (Western Naples) and for the identification of the Urban Districts.
2. Identifying the basic indicators for the ecological efficiency requirements of the existing urban green areas.
3. Identifying the potential components of a green infrastructure at Urban District scale.
4. Qualitative comparison with the existing heat wave impact scenarios at Urban District scale.
5. Identifying the Green Infrastructure Priority Areas.

1.2.1 Case Study Area and Methodology

The study area is Western Naples. The latter includes four Urban Districts (Bagnoli, Fuorigrotta, Pianura and Soccavo) which are distinguished each other by their specific urban patterns, by different land-uses and by the characteristics of the built environment (notably the age of construction and the construction typologies) (Fig. 9). Instead, the physiographic context is mainly characterized by the common volcanic origin (namely the geological complex of Campi Flegrei). According to both the case study characteristics and the adopted hazard-specific approach, the edge of the study area is identified by the overlaying of the administrative boundaries of the four Urban Districts of Bagnoli, Fuorigrotta, Pianura and Soccavo, with the limits of the watershed basin of Western Naples, so that both the environmental and demographic data result superimposed. In fact, the boundary strategy lies in the need of systematizing the physiographic information (data provided by the Central Campania Basin Authority, and further reported in the Naturalness Map of Naples, Department of Planning) with the Datasets concerning people and services potentially exposed to risk (the references are the Naples Mu-

nicipality Dataset, detailed by sub-districts, and Dataset from the National Institute of Statistics - ISTAT).

In order to consider the ESs potential of the existing green areas, indicators for assessing the ecological efficiency of the latter have been adopted (MEA, 2015). The scientific literature typically defines the ecological efficiency as the degree by which energy is transferred from one trophic level to another within an ecosystem (<https://en.wikipedia.org>). In the context of the ESs studies, the term efficiency has also been related to the whole ecosystem performances, comparing the distance between the services produced and the resources used (including economic ones). Further, and more in general, the term also refers to the ability of an ecosystem to produce ESs for responding to the sustainability objectives of the contemporary age (Costanza & Folk, 1997). The present study therefore uses the term ecological efficiency to refer to the interdependence between the ecological structure of the urban green areas (equated to small local habitats) and their ability to produce ecosystem services over time. Notably, the study wants to bring attention to a series of physical and ecological characteristics of the urban soil in order to provide ESs and to be potentially part of a green urban infrastructure.

According to the reference adopted (Cook, 2002), the study aims at defining the greater or lesser robustness of urban ecosystems through a set of indicators taken from literature, whose purpose is to depict the presence of the main biological functions in the existing urban green areas. Four synthetical indicators have been identified (Fig. 10):

- Area Dimensional Efficiency, evaluated by the indicators:
 - Size;
 - Compactness
- Area Vegetational Efficiency, evaluated by the indicators:
 - Structure;
 - Diversity

In order to make the results verifiable and repeatable at the national scale, the research uses open-source data coming from the following Institutional subjects:

- Topographical Data Base (DBT) of the Campania Region 2011, tested in September 2017 on a scale of 1:5000, and made through the conversion of the numeric Regional Technical Map (jointly with the Agency for Digital Italy, and based on specific mapping documents which regulate the layers correspondence within the Regional Technical Cartography).
- Polygonal “wgs-Opendata” theme (source: Municipality of Naples), which reports information on the vegetation types, checking any areas without vegetation within the municipal borders. These are key data for the definition of the indicator

aree prive di vegetazione del territorio comunale. Questo dato è stato fondamentale nella definizione dell’indicatore SIZE in quanto ha completato le informazioni acquisite nel DBT.

- Per la definizione dell’indicatore STRUCTURE sono stati utilizzati poligoni e le sezioni censuarie provenienti dall’ISTAT e il raster NDVI, ottenuto dal rilevamento del satellite Sentinel-2. Il dato NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) sfrutta le caratteristiche contrastanti tra due bande di un dataset raster multispettrale: l’assorbimento dei pigmenti di clorofilla nella banda del rosso e l’elevata riflettanza del materiale vegetale nella banda dell’infrarosso vicino (NIR).
- Per l’indicatore DIVERSITY sono stati utilizzati i tematismi Land Cover Urban Atlas 2012.

1.2.2 Risultati

Individuazione delle componenti potenziali di una infrastruttura verde a scala di Distretto

Coerentemente con l’obiettivo dichiarato nello studio, e in relazione alla letteratura di settore e ai documenti tecnici dell’Unione Europea (2013 EU, “Building a green infrastructure for Europe”) le componenti di una infrastruttura verde sono state definite e identificate come di seguito:

- *Core Areas*, intese come le aree più robuste e resilienti del sistema, la cui efficienza sostiene la produzione dei servizi ecosistemici dell’infrastruttura verde;
- *Buffer Zones*, intese come le aree circostanti le aree core, migliorandone l’efficienza ecologica e proteggendole dal disturbo urbano;
- *Stepping Zones*, intese aree di piccola-media dimensione che rappresentano elementi importanti per migliorare la connettività in rete, per la loro posizione strategica e/o per la loro efficienza ecologica;
- *Hubs*, aree piccole o piccolissime che fungono da collegamento puntuale per supportare la produzione di servizi ecosistemici localmente nella rete;
- *Corridoi*, descritti come strutture lineari e continue della rete, collegando le aree tra loro e fornendo lo scambio di individui e flussi.

Con riferimento alle componenti elencate, lo studio si focalizza sulle *Core Areas*, le *Stepping Zones* e gli *Hubs*, ritenendo esse più idonee all’analisi dell’efficienza ecologica delle aree verdi nell’area di studio. Una volta stabilite le tipologie di area oggetto dello studio, si è definito l’indicatore di efficienza fisica (Fig.10). Quest’ultimo è stato ricostruito sulla base di una interpretazione originale del *Landscape structure indices*, proposto da Robert Cook nell’articolo citato. Esso è dato dalla combinazione degli indicatori SIZE e COMPACTNESS derivando da essi le aree selezionate per estensione e per compattezza. L’indicatore di efficienza vegetativa è stato definito dalla combinazione degli indicatori STRUCTURE e DIVERSITY derivando da essi le aree selezionate per struttura e per diversità di vegetazione. Le aree efficienti vegetativamente sono dunque tutte le aree verdi che hanno un valore $0,20 \leq NDVI < 1$ (che corrisponde a un valore medio-alto) e che hanno una varietà vegetale considerevole, ossia sono state considerate le aree verdi composte da almeno quattro specie vegetative.

Nel dettaglio gli indicatori su menzionati sono stati standardizzati come segue: *Indicatore SIZE*, riporta l’estensione superficiale (in ettari) delle aree verdi ed è stato utilizzato per distinguere:

Core Areas: $A > 3\text{Ha}$
 Stepping Zone: $1\text{Ha} < A \leq 3\text{Ha}$
 Hub: $A \leq 1\text{Ha}$

Indicatore COMPACTNESS, è associato alla forma dell'area verde, la cui robustezza ecologica è maggiore quanto più compatta è la sua forma. Per definire la compattezza è stata determinata una stima ottimale mediante l'uso delle misure areali e le similitudini con geometria, perfettamente compatta. Per la stima della compattezza dell'area verde, la sua estensione è stata comparata con quella di un'area circolare da cui è stato estratto il raggio (raggio ottimale); considerando il valore del rapporto tra l'area e il perimetro dell'area verde è stato estratto il parametro raggio equivalente ed è stato definito un indicatore Rapporto di compattezza che è incluso nell'intervallo [0-1]; più esso si avvicina a 0 più l'area verde è compatto e simile a un'area circolare. Le formule relative al calcolo del raggio di compattezza sono mostrate di seguito:

$$\text{Raggio ottimale } R_{\text{ott}} = \sqrt{\frac{S}{3,14}}$$

$$\text{Raggio equivalente } R_{\text{eq}} = \frac{2S}{P} = \frac{\pi r^2}{2\pi r} = \frac{r}{2}$$

$$\text{Rapporto di compattezza } R_c = \left| \frac{R_{\text{ott}} - R_{\text{eq}}}{R_{\text{ott}}} \right|$$

dove S è l'area e P è il perimetro dell'area verde.

Indicatore STRUCTURE, è stato valutato attraverso l'uso dell'indicatore NDVI che misura la presenza di attività fotosintetica. L'NDVI è il principale indicatore da satellite della presenza di vegetazione sulla superficie terrestre e dell'evolversi della stessa nel tempo. Il processo è stato effettuato utilizzando i tematismi contenenti le informazioni dei poligoni e delle sezioni censuarie e dal file raster dell'NDVI ottenuto dal rilevamento del satellite Sentinel-2.

| NDVI – Intervallo di valori | Classe |
|--------------------------------|-----------------|
| $\text{NDVI} < 0,10$ | 1 - Alta |
| $0,10 \leq \text{NDVI} < 0,20$ | 2 - Medio-alta |
| $0,20 \leq \text{NDVI} < 0,30$ | 3 - Media |
| $0,30 \leq \text{NDVI} < 0,50$ | 4 - Medio-bassa |
| $0,50 \leq \text{NDVI} < 1$ | 5 - Bassa |

Valori di NDVI estremamente bassi o negativi rappresentano aree del tutto prive di vegetazione, come nuvole, acqua o neve; valori molto bassi rappresentano aree di vegetazione scarsa o assente, come cemento, roccia o terreno nudo; valori moderati rappresentano aree con presenza di arbusti e prati; valori elevati rappresentano aree forestali e ricche di vegetazione.

Sono state prese in considerazione tutte le aree verdi in cui l'indicatore NDVI è classificato con le classi media, medio-bassa e bassa ($0,20 \leq \text{NDVI} < 1$).

Indicatore DIVERSITY, fa riferimento alla potenziale biodiversità delle aree. Per il calcolo di questo indicatore si è fatto riferimento all'uso del suolo vegetato, nello

SIZE, as it completed the information acquired by the DBT.

- In order to define the indicator STRUCTURE, the methodology adopts polygons and the census sections from ISTAT, together with the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) raster. The latter obtained from the detection of the Sentinel-2 satellite. In fact, NDVI exploits the contrasting characteristics between two bands of a multispectral raster dataset: the absorption of chlorophyll pigments in the red band and the high reflectance of the plant material in the Near InfraRed (NIR) band.
- The Land Cover Urban Atlas 2012 themes were used for the indicator DIVERSITY.

1.2.2 Results

Identification of the potential components of a green infrastructure at the Urban District scale

According to the research goals, to the scientific literature, and to the EU technical documents (notably the 2013 EU, "Building a green infrastructure for Europe"), the study identifies the green infrastructure components as following:

- Core Areas, as the most robust and resilient areas of the system, whose efficiency supports the production of ESs within the green infrastructure network;
- Buffer Zones, as those surrounding the core areas, improving their ecological efficiency and protecting them from urban disturbances.
- Stepping Zones, as small-medium-sized areas, which represent key elements for the network connectivity according to their strategic position in the network, and / or their ecological efficiency.
- Hubs, as small or very small areas, acting as punctual links to locally support the production of ESs in the network.
- Corridors, described as linear and continuous structures of the network, connecting areas to each other, and providing flows exchange of individuals and matter.

With reference to the listed components, the study focuses only on the Core Areas, Stepping Zones and Hubs, deeming the latter more appropriate for the study area specific. Once established the areas typologies, the dimensional efficiency index has hence defined (Fig.10) as the combination of the indicators SIZE and COMPACTNESS, in turn resulting from the values of the areas surface extension and the areas shape.

The vegetation efficiency index has defined instead by the combining of the indicators STRUCTURE and DIVERSITY, respectively resulting from the vegetation characteristics of the site (plants' high and plants' photosynthesis activity) and the number of the vegetation species registered inside. The vegetative efficient is therefore estimated by combining the value of 0.20

$\leq NDVI < 1$ (which corresponds to a medium-high value) and the plant species number, considering at least of four vegetative species. Both indices are based on an original interpretation of the "Landscape structure indices", proposed by Robert Cook in the cited article.

More in deep, the above-mentioned indicators have been standardized as follows:

The indicator SIZE, based on the surface extension A (in hectares) distinguishes:

Core Areas: $A > 3Ha$

Stepping Zone: $1Ha < A \leq 3Ha$

Hub: $A \leq 1Ha$

The indicator COMPACTNESS (related to the areas' shape) grows as more compact the shape is. To define the area compactness, an optimal estimate has determined by comparing each area with a theoretical reference area, featured by having a perfectly compact geometry. According to this assumption, the compactness of the existing green areas was estimated by comparing the area geometry with that of a circular area from which the radius was extracted (Optimal Radius); therefore the value of the ratio between the area and the perimeter of the green surface has been considered, and the Equivalent Radius parameter was extracted; finally, the Compactness Ratio indicator was defined as the ratio between the difference between the Optimal and equivalent Radius and the equivalent radius itself. The values of the Compactness indicator ranges in the interval $[0-1]$: as closer the value gets to 0, more compact is the green area as being more similar to the circular one. The formulas for calculating the Compactness Radius are shown below:

$$\text{Optimal Radius } R_{ott} = \sqrt{\frac{S}{3,14}}$$

$$\text{Equivalent Radius } R_{eq} = \frac{2S}{P} = \frac{\pi r^2}{2\pi r} = \frac{r}{2}$$

$$\text{Compactness ratio } R_c = \frac{|R_{ott} - R_{eq}|}{R_{ott}}$$

where S is the area's surface and P is the perimeter of the green area.

The indicator STRUCTURE was evaluated indirectly, through the use of the NDVI indicator which measures the presence of photosynthesis activity. NDVI is the main satellite indicator of the vegetation presence on the Earth's surface, and of its evolution over time. The process was carried out using the infor-

specifico i Tematismi Land Use del Copernicus. In una prima fase è stato analizzato il territorio attribuendo differenti tipologie per varietà vegetale e per quantità di specie: sono state analizzate nello specifico tutte le tipologie di uso del suolo. In relazione alla necessità di un dettaglio maggiore, è stato definito il Detailed Land Use. Questa preliminare identificazione ha individuato una prima caratteristica di robustezza del sistema vegetale: si è dedotto che una superficie boschiva ha una robustezza maggiore rispetto una superficie arbustiva o incolta. Sono state poi raggruppate le specie vegetali utilizzando la stessa classificazione dell'indicatore di estensione, definendo il General Land Use attraverso le seguenti categorie: bosco, verde urbano, aree coltivate, aree incolte, arbusti.

L'indicatore analizzato prende in considerazione la presenza di specie vegetali differenti e non isolate che connotano la biodiversità dell'area. Nella sperimentazione sono state estratte la carta dell'Efficienza fisica (ottenuta a partire dagli indicatori SIZE e COMPACTNESS) e la carta dell'Efficienza vegetazionale (ottenuta a partire dagli indicatori STRUCTURE e DIVERSITY). Dalla combinazione di questi due indicatori è stata ottenuta la carta finale dell'Efficienza ecologica riportata in Figura 11. La carta mostra la classificazione delle aree verdi urbane nei quattro Distretti in Aree verdi ecologicamente efficienti e Aree verdi non ecologicamente efficienti.

Scenari di impatto

Con l'obiettivo di individuare aree prioritarie di intervento di adattamento clima-

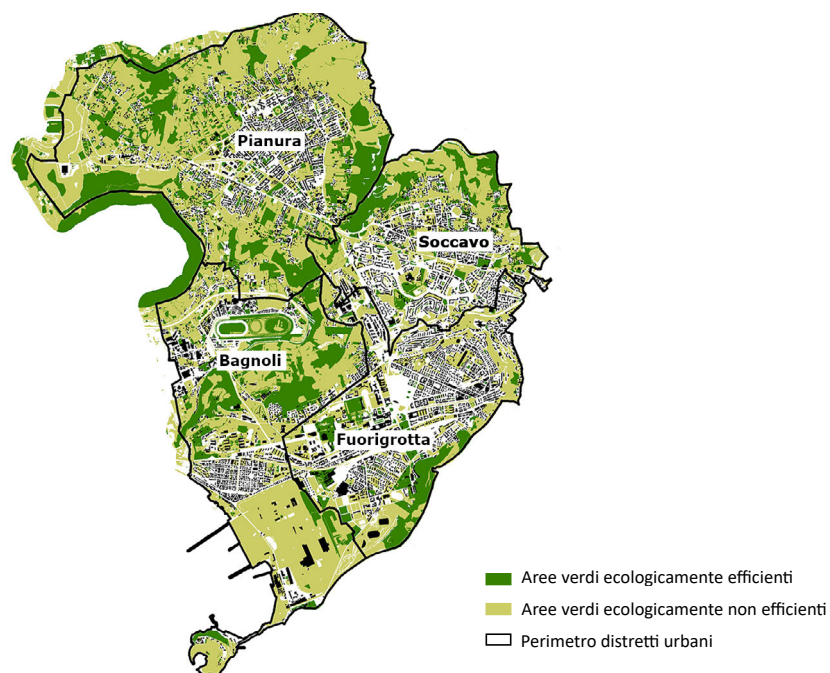


Fig. 11 - Carta tematica della Macroarea occidentale di Napoli - Aree verdi ecologicamente efficienti / Thematic map of the Western Macro-area of Naples - Ecologically efficient green areas (Source: Authors' elaboration).

tico mediante *green infrastructure* la sperimentazione sulla Macroarea di Napoli ovest si è avvalsa dei risultati prodotti da alcune ricerche condotte negli ultimi anni dall'Unità di Ricerca Tecnologia e Ambiente del Dipartimento di Architettura dell'Università di Napoli Federico II che si sono concentrate sulla definizione di un modello di valutazione dell'impatto climatico alla scala locale. La valutazione dei livelli di impatto viene infatti considerato come punto di partenza per stimare il contributo di categorie di intervento *climate proof* al progetto di adattamento. Il modello, sviluppato nel progetto di ricerca METROPOLIS - *Metodologie e tecnologie integrate e sostenibili per l'adattamento e la sicurezza di sistemi urbani*, consente di formulare scenari di impatto rispetto a un elemento esposto a partire dalla costruzione di un sistema di indicatori di vulnerabilità climatica del sistema urbano - riferito ai sottosistemi degli edifici residenziali, degli spazi aperti e della popolazione - e dalla definizione di scenari di pericolosità a medio e lungo termine, costruiti in base ai modelli IPCC RCP 4.5 (Aprea et al., 2019). Il modello METROPOLIS è stato implementato nell'ambito della ricerca POR CAMPANIA FESR 2014/2020 PLANNER - *Piattaforma per la gestione dei rischi naturali in ambienti antropizzati* con l'obiettivo di rendere semplice e veloce la costruzione di quadri di conoscenza esperta in qualsiasi contesto urbano nazionale attraverso l'utilizzo esclusivo di *open data*. In PLANNER sono stati messi a punto processi *GIS-based* per l'analisi e la stima di scenari di impatto del fenomeno *heat wave* considerando come entità atomica la zona di censimento ISTAT.

Il modello è stato sperimentato nella città di Napoli valutando l'impatto del

of the polygons and census sections, as well as from the NDVI raster file obtained from the detection of the Sentinel-2 satellite.

Extremely low, or negative NDVI values represent totally not vegetated surfaces (as clouds, water or snow); very low values represent areas with scarce or absent vegetation, such as concrete, rocks or bare soils; moderate values represent areas vegetated with shrubs and meadows; high values represent instead forested areas and areas rich in vegetation.

All the green areas in which the NDVI indicator is classified with the medium, medium-low and low classes ($0.20 \leq NDVI < 1$) were taken into consideration in the present study.

The indicator DIVERSITY refers to the biodiversity potential of the urban areas. It has been calculated thanks the information inferred by both land-cover and the land-use maps (notably the Land Use Themes of the EU Copernicus project). A range of plant variety as well as species quantity were attributed to the case study area; then the all land-use typologies were specifically analysed, and the Detailed Land Use Map has been produced. Therefore the plant species were grouped using the same classification as the extension indicator, and the General Land Use Map has defined through the following categories: forest, urban green, cultivated areas, uncultivated areas, shrubs. This preliminary identification has shown a first characteristic of robustness of the plant system (it has been deduced that a wooded area has a greater robustness than a shrub or uncultivated area).

The indicator takes into consideration the presence of different and non-isolated plant species that connote the biodiversity of the area. In the testing phase, the dimensional efficiency map (obtained from the SIZE and COMPACTNESS indicators) and the vegetation efficiency map (obtained from the indicators STRUCTURE and DIVERSITY) were extracted. The final ecological efficiency map shown in Fig.11 was obtained from the combination of these two indices.

The map shows the urban green areas classification of the four Urban Districts into two categories: Ecologically efficient green areas and Non-Ecologically efficient green areas.

Impact scenarios

Aimed at identifying urban priority areas for climate adaptation in the study area, the research takes advantage by the results produced by the Research Unit of the Technology and Environment (Department of Architecture of the University of Naples Federico II) in the recent years, and especially those which are focused on the proposal of a climate impact assessment model at local scale. The assessment of a range of impact levels is

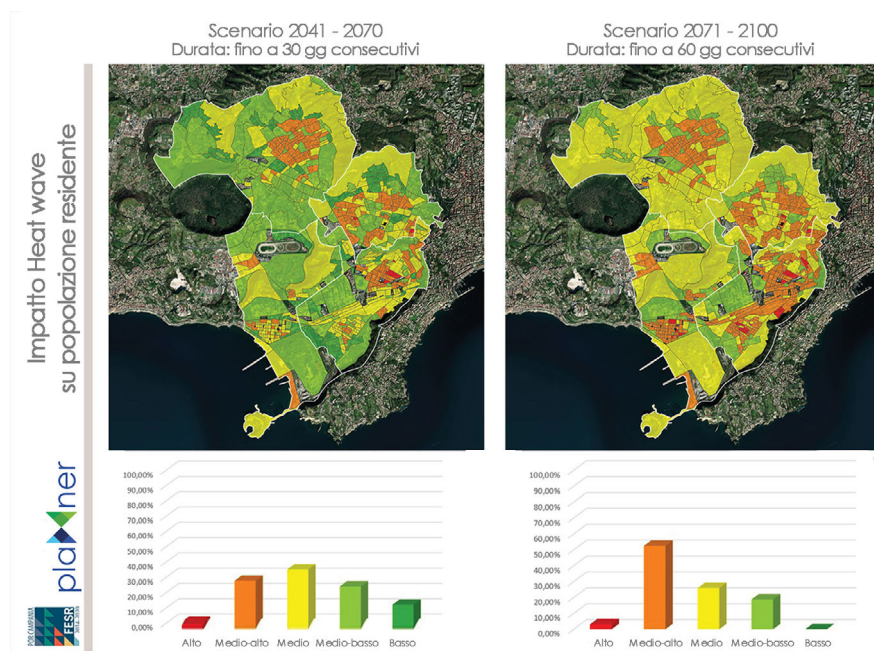


Fig. 12 - Scenari di impatto all'*heat wave* sulla Macroarea occidentale / *Scenarios of heat wave impact on Western Macro-area* (Source: Authors' elaboration).

considered indeed as the starting point to estimate the contribution of the different climate proof interventions within the urban adaptation strategy. Notably, the model developed under the METROPOLIS Research Project - Integrated and sustainable methodologies and technologies for the adaptation and safety of urban systems - provides impact scenarios on an exposed element according to a set of climatic indicators of the urban system vulnerability, and the definition of medium and long-term hazard scenarios built on the basis of the IPCC RCP 4.5 models (Apreda et al., 2019). The METROPOLIS model was further implemented through the POR CAMPANIA FESR 2014/2020 PLANNER Research - Platform for the management of natural risks in man-made environments - with the aim of facilitating the production of an expert knowledge framework within the Italian context using open data exclusively. In the PLANNER Research, a GIS based model has been developed for analyzing and estimating heat wave impact scenarios, assuming the ISTAT census area as an atomic entity.

The model was tested for the city of Naples by evaluating the impact of heat wave phenomena on the resident population, as well as on the special segment of the fuel poverty groups, which are those not economically able to cope with the energy economic costs for the air conditioning.

At the census section scale, the research proposes five climate impact classes (1 highest 5 lowest) according to the population distribution and the phenomenon duration (the latter expressed as consecutive heat wave days) in the short (2019-2040), medium (2041-2070) and long term scenarios (2071-2100). The hazard scenarios were developed by the DiARC team estimating of the future values of daily precipitation, temperature and relative humidity in the Naples area as produced by the Euro-Mediterranean Center on Climate Change thanks a downscaling approach based on the Intergovernmental Panel on Climate Change CO₂ emission scenario provided by the RCP 4.5 (Mercogliano et al., 2017).

Generally, the assessment of the impact scenarios on the total population shows medium-low or low values in large areas of the Districts of Pianura, Soccavo and Bagnoli; with the exception of the most densely populated areas, such as the historic centre of Bagnoli and more densely built up of Pianura and Soccavo in the short-term scenario. The impact values are bit worse in the areas of the Fuorigrotta District, due to the presence of various areas with a high population density.

In the medium term, the overall impact scenario gets worse, with a peak of the average impact values in the four Districts. The residential areas show overall average and medium-high impact values, while the areas with medium-high impact values are increasingly extensive in Fuorigrotta District.

| | | Alta | Medio-alta | Media | Medio-bassa | Bassa |
|--------------------|---------------|-------|------------|--------|-------------|-------|
| Bagnoli | Breve termine | 0.74% | 34.81% | 51.85% | 8.15% | 4.44% |
| | Medio termine | 1.48% | 47.41% | 40.00% | 8.89% | 2.22% |
| | Lungo termine | 2.96% | 80.74% | 8.89% | 7.41% | 0.00% |
| Fuorigrotta | Breve termine | 0.80% | 34.66% | 52.59% | 5.98% | 5.98% |
| | Medio termine | 1.59% | 53.78% | 34.26% | 6.37% | 3.98% |
| | Lungo termine | 0.94% | 95.92% | 2.19% | 0.94% | 0.00% |
| Soccavo | Breve termine | 0.72% | 37.68% | 50.00% | 7.97% | 3.62% |
| | Medio termine | 1.45% | 52.17% | 36.96% | 6.52% | 2.90% |
| | Lungo termine | 7.97% | 86.23% | 4.35% | 1.45% | 0.00% |
| Pianura | Breve termine | 1.31% | 35.95% | 52.94% | 5.23% | 4.58% |
| | Medio termine | 1.31% | 55.56% | 35.95% | 4.58% | 2.61% |
| | Lungo termine | 1.96% | 88.24% | 5.23% | 4.58% | 0.00% |

Tab. 1 - Scenari di impatto sulla popolazione *fuel poverty* - percentuali di sezioni per classi di impatto nei Distretti urbani di Bagnoli, Fuorigrotta, Pianura e Soccavo/ *Fuel poverty population impact scenarios - percentages of sections by impact class in Urban Districts of Bagnoli, Fuorigrotta, Pianura and Soccavo.*

fenomeno di *heat wave* sulla popolazione residente nonché su una fascia di popolazione particolarmente esposta agli impatti individuate nelle fasce di popolazione soggetta a *fuel poverty* ossia non in grado di fronteggiare le spese energetiche per il condizionamento.

La sperimentazione ha restituito, alla scala della sezione censuarie, il livello di impatto climatico rispetto a cinque classi (1 più alta 5 più bassa) considerando scenari di distribuzione del fenomeno e di durata - espressi come giorni consecutivi di *heat wave* - rispetto al breve (2019-2040), medio (2041-2070) e lungo termine (2071-2100).

Gli scenari di pericolosità sono stati elaborati dal DiARC a partire dalla stima dei futuri valori di precipitazione giornaliera, temperatura e umidità relativa sul territorio di Napoli prodotti dal Centro Euro Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici utilizzando un approccio di *downscaling* considerando lo scenario di emissione di CO₂ dell'Intergovernmental Panel on Climate Change RCP 4.5 (Mercogliano et al., 2017).

Analizzando gli scenari di impatto sulla popolazione totale emerge che lo scenario a breve termine mostra valori generalmente medio-bassi o bassi in vaste aree dei quartieri di Pianura, Soccavo e Bagnoli, tranne nelle aree più densamente popolate come il centro storico di Bagnoli e zone più densamente edificate di Pianura e Soccavo. I valori di impatto sono mediamente peggiori nelle zone del quartiere di Fuorigrotta, dove sono presenti vari nuclei urbani a elevata densità di popolazione.

A medio termine lo scenario di impatto complessivo peggiora, con un aggravarsi dei valori medi di impatto nei quattro Distretti. Le aree dei centri abitati presentano complessivamente valori di impatto medi e medio-alti, e le aree di Fuorigrotta con valori di impatto medio-alti sono sempre più estese.

La mappa dello scenario di impatto a lungo termine mostra un aggravarsi complessivo del fenomeno su tutta l'area di Napoli Ovest. Le zone di censimento con

impatto medio-basso o basso sono ridotte a una percentuale intorno al 25% e pari a circa il 15% nel quartiere di Fuorigrotta e in quello di Soccavo; inoltre, anche in zone di censimento su cui insistono aree verdi pubbliche con impatto precedentemente basso o medio basso ora è presente uno scenario medio.

In tutte le aree più densamente abitate, come il centro storico di Bagnoli o i centri abitati di Pianura e Soccavo, nonché in tutto il quartiere di Fuorigrotta, è presente uno scenario di impatto complessivamente medio-alto con percentuale superiore all'80% (Fig. 12).

Gli scenari peggiori sono quelli che si riferiscono agli impatti sulla popolazione *fuel poverty*. Nella tabella successiva sono evidenziate nel dettaglio le percentuali delle sezioni di ogni quartiere classificate con una determinata classe di impatto relativamente ai 3 scenari a breve, medio e lungo termine.

In particolare, si osserva che nello scenario a lungo termine, in tutti i quattro Distretti della Macroarea gli impatti sono complessivamente almeno medio-alti in misura superiore all'80%; ciò prefigura la necessità di progettare interventi di adattamento climatico ampi e che comportino benefici sostanziali sull'intera Macroarea.

1.2.3 Discussione dei risultati

Lecture critiche e interpretative della Macroarea

La lettura comparata dei risultati prodotti attraverso lo studio dell'efficienza ecologica delle aree verdi esistenti e quella degli scenari di impatto ha portato alle seguenti considerazioni:

- le aree risultanti dall'analisi dei dati si organizzano in due grandi classi, rappresentative della efficienza fisica (per dimensione e forma) e della efficienza vegetazionale (per copertura e diversità). Le aree verdi efficienti fisicamente sono tutte quelle che hanno un'estensione definita dai *range* dell'indicatore SIZE e un rapporto di compattezza con valore $R_c \geq 0,60$. Le aree efficienti vegetativamente sono invece tutte le aree verdi che hanno un valore $0,20 \leq NDVI < 1$ (che corrisponde a un valore medio-alto) e che hanno una varietà di specie vegetale composte da almeno quattro specie;
- l'area presenta una buona dotazione di *core areas* posizionate prevalente sul perimetro della Macroarea e nelle parti più alte dei versanti collinari. Accanto a queste, si osserva la *core area* del Distretto di Bagnoli, risultante dal processo di rinaturazione che ha interessato l'ex sito industriale negli ultimi trenta anni;
- non si osservano invece condizioni di efficienza ecologica per quanto concerne la presenza di *stepping zones* e *hubs*. Le aree verdi esistenti non risultano pienamente corrispondenti ai criteri dello studio. Pur rappresentando una quantità di spazi verdi numericamente interessanti, si osserva lo scadimento delle loro funzioni ecologiche con conseguente, scarsa erogazione di servizi ecosistemici;
- dall'altra parte, l'analisi degli scenari di impatto alla *heat wave* dimostra che i Distretti di Fuorigrotta e Soccavo sono quelli maggiormente interessati dal fenomeno. Questa condizione è determinata sia dalla specifica condizione demografica e sociale delle zone censuarie esaminate, sia dalla posizione del Distretto all'interno della Macroarea sia dalle caratteristiche insediative e costruttive;

The map of the long-term impact scenario shows the phenomenon worsening over the entire Western Naples. The census areas with medium-low or low impact are reduced to a percentage of around 25%, and approximately 15% in the Fuorigrotta and Soccavo Districts; moreover, even in census areas previously characterized by public green areas with low or medium-low impact the model shown a medium impact scenario.

All the most densely populated areas, such as the historic centre of Bagnoli or the inhabited centres of Pianura and Soccavo, as well as in the entire Fuorigrotta District, result as a medium-high impact areas with a worsening percentage higher than 80% (Fig. 12).

The worst scenarios are those referring to the impacts on the fuel poverty population. The following table deepens the percentages of the census sections of each District classified according to the specific impact classes relating to the short, medium and long term scenarios.

In particular, in the long-term scenario, impacts are generally medium-high to an extent exceeding 80% in the all four Districts of the Macro-area. The model foreshadows the need to design extensive climate adaptation interventions that entail substantial benefits on the entire Macro-area.

1.2.3 Results discussion

The comparative analysis of the results on the ecological efficiency of the existing green areas, together with those coming from the impact scenarios, led to the following considerations:

- *The areas resulting from the data analysis are organized into two large classes, representative of the dimensional efficiency (by size and shape) and vegetation efficiency (by coverage and diversity). The areas belonging to the first class are all those having a surface extension defined by the ranges of the SIZE indicator, and by the compactness ratio (with the R_c value ≥ 0.60). Instead, the vegetative efficient areas are those having a NDVI value ranged $0.20 \leq NDVI < 1$ (which corresponds to a medium-high value), and a variety of vegetation cover composed of at least four species (Diversity).*
- *The case study area has a high number of core areas, mainly on the border, and in the hilly peaks. Moreover, the core area of the Bagnoli District, resulting from the thirty years process of ecologically regeneration after the abandonment of the former industrial site, seems to be a further potential resource.*
- *There are not ecological efficiency conditions with regard to the existing stepping zones and hubs, due to these areas do not fully correspond to the assumed thresholds. They present few ecological functions and a poor supply of ESs, despite represent a great number of existing green areas. The cli-*

mate forecasting impacts uniformly worsens for all Districts over time. The impact scenarios also show the worsening of conditions due to the presence of population groups identified as vulnerable due to the fuel poverty, and therefore more exposed to the potential heat wave impacts.

Identification of priority areas for climate adaptation interventions through green infrastructure

In the light of these remarks, it is clear that the project of a green infrastructure at the District scale could effectively contribute to the heat wave adaptation of the Western area of Naples. This infrastructure is actually viable thanks to the presence of a relevant number of ecologically efficient core areas. The latter, however, must be strengthened through the implementation of the connection areas (stepping zones and hubs), which are instead few and far between, and not well located for establishing an interconnected network of green areas. These preliminary remarks lead to indicate three main design categories, which could functionally support a strategy for designing a green infrastructure at the Urban District scale:

- Interventions for the conservation of the ecologically efficient green areas. *In this category there are the all actions aimed at maintaining the contribution of the ESs provided by the core areas, and especially those concerning maintenance operations and the care of the existing vegetation. In order to do this, measures will be aimed at identifying compatible land-uses at urban scale, notably those aimed at facilitating public uses, including as refuge areas in the case of extreme events.*
- Interventions for an ecological oriented urban transformation. *These interventions aim at recovering or implementing the ecological value of the existing stepping zones, thanks to the application of measures or actions for raising the values of the ecological indicators within the efficiency threshold. In order to facilitate ecological efficiency upgrading of the areas, new land-uses have to be encouraged according to the requests of implementing leisure, sport, and urban facilities.*
- Ex novo interventions. *These are the all design actions aimed at strengthening the network connective capacity. Operations mainly focus on the existing hubs, including the smallest areas, which can implement green infrastructures through a closer relationship between the natural and built environment (i.e. green facades, and green roofs).*

According to these remarks, a number of Priority Areas (PA) were indicated by the research (Fig.13). In particular, the following areas have identified:

- Two Priority Areas are in the Soccavo Urban District (S1, S2). *These areas are aimed at rapidly capitalizing the eco-*

- la previsione di impatto nel tempo peggiora omogeneamente per tutti i Distretti. Lo scenario mostra inoltre l'aggravarsi delle condizioni a causa della presenza di importanti sacche di popolazione identificate come soggette a *fuel poverty* e quindi maggiormente esposte agli impatti potenziali del fenomeno di *heat wave*.

Individuazione delle aree di priorità di interventi di adattamento climatico mediante green infrastructure

Alla luce delle considerazioni svolte, si evince che il progetto di una infrastruttura verde alla scala di Distretto potrebbe contribuire in modo efficace all'adattamento al fenomeno dell'ondata di calore di tutta la Macroarea della zona occidentale di Napoli.

Tale infrastruttura è effettivamente realizzabile stante la presenza di un numero importante di *core areas*, ecologicamente efficienti. Queste ultime, però, per potere sostenere una infrastruttura verde devono essere irrobustite attraverso la creazione di aree di connessione (*stepping zones* e *hubs*), che risultano invece numericamente insufficienti e (localizzate) in posizioni non idonee al fine della creazione di una rete interconnessa di aree verdi.

Queste prime osservazioni portano alla definizione di tre tipologie di intervento funzionali a supportare diverse strategie metaprogettuali per la realizzazione di infrastrutture verdi alla scala di Macroarea e di Distretto:

- *Interventi di conservazione delle aree verdi ecologicamente efficienti.* Si annoverano in questa tipologia tutte le azioni orientate a mantenere inalterato il contributo di servizi ecosistemici erogato dalle aree, incentivando in particolare le attività di manutenzione e di tutela del capitale vegetale esistente, nonché misure di programmazione alla scala urbana tese a individuare destinazioni d'uso compatibili con le istanze di salvaguardia e volte a implementare la fruizione pubblica delle stesse come aree rifugio in caso di eventi estremi.
- *Interventi di trasformazione orientata.* Appartengono a questa tipologia gli interventi volti a recuperare il valore ecologico delle *stepping zone* esistenti, operando attraverso misure o azioni volte a portare le aree nei valori soglia indicati per il raggiungimento delle condizioni di efficienza. Allo scopo di facilitare le azioni di manutenzione e di tutela della vegetazione, si suggeriscono funzioni d'uso tese a valorizzare la condizione di spazio pubblico di queste aree, incentivando destinazioni d'uso coerenti con le necessità del tempo libero, dello sport, del godimento del luogo urbano.
- *Interventi di progettazione ex-novo.* Si riferisce a tutte le azioni di progettazione volte a irrobustire la capacità connettiva della rete. Gli interventi sono mirati principalmente agli *hubs* esistenti, ma anche a tutte le aree di ridotte dimensione che, inserite in un progetto di infrastruttura verde, possono migliorare le prestazioni ambientali alla scala di isolato, privilegiando la presenza di aree permeabili e ombreggiate in stretta relazione con l'ambiente edificato: le facciate verdi, o tetti verdi.

Sulla base delle tipologie di intervento individuate, sono state ipotizzate le Aree di intervento prioritario, rispondenti ai tre scenari di impatto considerati nella ricerca (Fig. 13). In particolare, si individuano:

- due Aree prioritarie nel Distretto di Soccavo (S1, S2), volte a capitalizzare rapidamente il patrimonio di aree verdi non efficienti ma già tuttavia presenti

nel Distretto. Le due Aree prioritarie hanno l'obiettivo di realizzare due assi di connessione tra loro trasversali finalizzati a rafforzare la connessione ecologica della *core area* dei Camaldoli con quella di Agnano. Le due Aree intercettano contesti urbani a impatto medio e medio-alto sulla popolazione residente, e su quella potenzialmente più vulnerabile, creando aree rifugio climatico e nuovi spazi pubblici per la collettività;

- un'Area prioritaria nel Distretto di Bagnoli-Agnano (B1), localizzata a ridosso del versante di Agnano, che ha l'obiettivo di intercettare le zone interessate dai maggiori impatti sulla popolazione residente, e sui settori più svantaggiati, insieme con la costituzione di una *buffer zone*, composta da numerose aree verdi esistenti non più efficienti ecologicamente. Queste ultime, una volta riqualificate con appropriati interventi sull'efficienza vegetazionale, possono diventare un importante supporto per la *core area* di Agnano;
- due Aree prioritarie sono state individuate nel Distretto di Fuorigrotta (F1, F2). Per l'area F1, stante la scarsità di aree verdi preesistenti, gli interventi devono realizzare condizioni di naturalità ex-novo. In questo caso, si immaginano operazioni di *de-sealing* per aree pubbliche e private, insieme alla realizzazione di tetti e facciate verdi.

L'area prioritaria F2 è localizzata nell'abitato di Cavalleggeri. Per quest'ultima l'obiettivo è quello di realizzare un *up-grade* ecologico delle aree verdi esistenti, numericamente consistenti ma non adeguate alla produzione di servizi ecosistemici, segnatamente quelli per l'*heat wave*. Quest'area, inoltre, ha lo scopo di realizzare una *buffer-zone* per il costone di Coroglio;

- due Aree prioritarie interessano anche il Distretto di Pianura (P1, P2), entrambe saranno oggetto di interventi di rinaturazione anche attraverso la programmazione di usi agricoli del suolo, coerenti con la memoria storica dei luoghi e con la necessità di incentivo di funzioni socialmente riconoscibili in un'area dove l'incidenza di popolazione svantaggiata è molto importante.

1.2.4 Conclusioni

La mappa delle aree verdi efficienti supporta sia azioni di rigenerazione urbana, sia il progetto di una infrastruttura verde alla scala comunale, sia la realizzazione di interventi puntuali, la cui efficacia varia in ragione del posizionamento degli stessi rispetto alle aree verdi ecologicamente efficienti.

Inoltre, l'attribuzione di caratteristiche di efficienza alle aree verdi esistenti consente di meglio valutare l'applicazione di misure di conservazione (restauro e recupero ambientale), di misure di riqualificazione, oppure intervenire per la creazione di nuovi *hub* da restituire al capitale di risorse naturali della città.

Il progetto di infrastrutture verdi quale strategia di riferimento per l'adattamento climatico impone una visione interscalare, anche ancorata alla missione istituzionale del soggetto (EU-SWD/2019/184 final, 2019).

Anche per le azioni locali, si rinviene la necessità di focalizzare su obiettivi mirati, in grado di implementare in modo rapido ed efficiente le risorse naturali e antropiche esistenti in un sistema di infrastrutture verdi, adottando logiche *safe-to-fail* in grado di prevedere e valutare *ex ante* i benefici derivanti e gli oneri connessi.

Queste caratteristiche fanno delle infrastrutture verdi e blu un importante riferimento per la messa in pratica dei principi di *resilience management* nella misura in

logical potential of the existing green areas in the District. The priority areas S1, and S2, have the purpose of generating two transversal connecting axes for strengthening the ecological flows between the Core Areas of Camaldoli and Agnano. In fact, these core areas are very close to areas featured by resulting with medium and medium-high heat wave impact values on the resident population (as well as on the fuel poverty one) so that new land-uses as climatic refuge areas, and public spaces for the resident community seem to be appropriate.

- *One priority area is in the Bagnoli-Agnano Urban District (B1). This area is located close to the Agnano site, and it mainly aims to reduce the heat wave impacts in the areas affected by great impacts on the resident population, and on the most disadvantaged sectors. Further purpose is the establishment of a new stepping zone made up by a number of existing green areas not resulting as ecologically efficient. Interventions on vegetation can implement the ecological efficiency locally, becoming a relevant support for the core area of Agnano.*
- *Two priority areas have been identified in the Fuorigrotta Urban District (F1, F2). With regard to the F1 area, the interventions must create naturalness conditions from scratch, given the scarcity of the pre-existing green areas. In this case, de-sealing operations are envisaged for public and private areas, together with the creation of green roofs and facades. The F2 priority area is located in the Cavalleggeri neighborhood. The intervention goal is the ecological upgrading of the existing green areas, which are numerically consistent but not ecologically adequate for the production of ESSs, especially in case of heat wave events. Interventions in this area also have the purpose of creating a buffer zone for the core area of the Coroglio slope.*
- *Two priority areas are in the Pianura Urban District (P1, P2). The interventions are aimed at recovering the ecological value of the former agricultural context, stressing operation for soil remediation, and for innovative agricultural uses. Either priority areas also respond to the need for socially recognizable land-uses, as well as implementing ESSs in a zone where the impacts on the disadvantaged population is very relevant.*

1.2.4 Conclusions

The green infrastructure project is a prime strategy for climate adaptation, and it requires an inter-scalar vision, as anchored to the institutional mission of the public bodies (EU-SWD / 2019/184 final, 2019). Also for the local actions, there is a need to focus on targeted objectives, able to quickly and efficient-

ly implement existing natural and anthropogenic resources in a system of green infrastructures, adopting safe-to-fail logics capable of predict and evaluate ex ante the resulting benefits and related charges. The map of the ecologically efficient green areas supports both the urban regeneration actions, both the urban green infrastructure plan, both the implementation of specific design operations. The research demonstrates that the ecological effectiveness of the existing green areas varies accord-

cui gli interventi di adattamento a questa connessi dimostrano un approccio proattivo alla riduzione del rischio, limitando i fattori di destabilizzazione climatica del sistema urbano e rafforzandone la capacità di risposta climatica.

La determinazione di un primo insieme di aree ha, quindi, lo scopo di realizzare una cerniera concettuale con la progettazione a scala di distretto e di isolato. Si tratta di un risultato di tipo metaprogettuale utile a orientare le scelte del decisore verso soluzioni validate da un processo di conoscenza oggettivabile nei passaggi logici e nella qualità dei dati utilizzati.

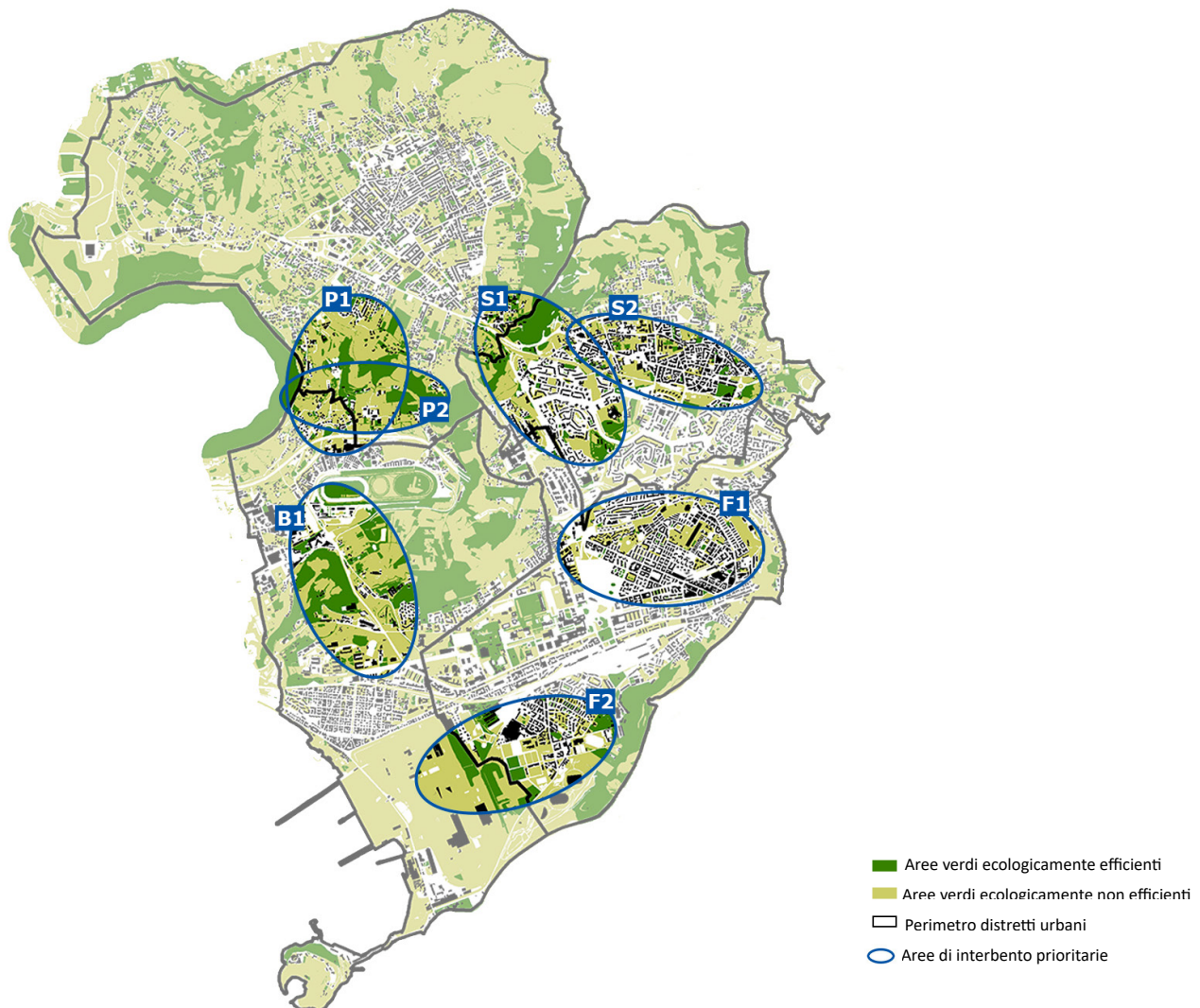


Fig. 13 - Individuazione di aree di intervento prioritarie nei Distretti urbani di Bagnoli (B1), Fuorigrotta (F1, F2), Pianura (P1, P2) e Soccavo (S1, S2) / Identification of priority intervention areas in the Urban Districts of Bagnoli (B1), Fuorigrotta (F1, F2), Pianura (P1, P2) and Soccavo (S1, S2) (Source: Authors' elaboration).

1.3 VALUTAZIONE DELLA RESILIENZA URBANA MEDIANTE LID-BMPS ATTRAVERSO UNO STRUMENTO DI SUPPORTO DECISIONALE BASATO SULL'HARMONY SEARCH *

1.3.1 Introduzione

Negli ultimi decenni, il *Climate Change* si è affermato come una delle questioni peculiari (Carter et al., 2015) che, combinato con un uso del suolo aggressivo e non opportunamente regolamentato, sta provocando l'incremento, in intensità e frequenza, di fenomeni alluvionali in ambiente urbano, anche riconosciuti come *flash flood* (Špitalar et al., 2014). Con riferimento a detti fenomeni, l'implementazione di opportuni modelli di previsione e prevenzione (*Early Warning* e *Early Safety*) si basa sull'applicazione di modelli previsionali e di simulazione in grado di tutelare la vulnerabilità sociale e la esposizione al rischio. In tale contesto, la messa a punto di modelli di mitigazione e di approcci adattivi, finalizzati a fronteggiare gli effetti di fenomeni alluvionali a scala urbana, risulta di preminente interesse nell'ambito dei criteri gestionali delle infrastrutture urbane di gestione delle acque meteoriche.

Numerosi studi hanno posto in evidenza come la modifica dell'uso del suolo e l'aumento delle superfici impermeabili (derivanti dalla costruzione di tetti, aree di parcheggio e strade) stiano provocando inondazioni estreme nelle aree urbane, minando la qualità dell'acqua nei corpi idrici ricettori (Dietz, 2007) a seguito dell'incremento del coefficiente di deflusso superficiale e della modifica del ciclo idrologico urbano, minando la sicurezza umana e la corretta ed efficace fruizione delle risorse idriche. Gli studi fino a ora sviluppati sull'influenza delle piogge estreme, sia per la progettazione che per la gestione delle infrastrutture idriche, hanno mostrato limiti applicativi in ordine non solo alla valutazione dell'efficacia tecnica dell'intervento, ma anche delle relative ripercussioni ambientali, economiche e sociali (Fletcher et al., 2015) e di inserimento nel contesto urbano.

Nel novero degli approcci progettuali finalizzati all'incremento delle performance dei sistemi di drenaggio delle acque meteoriche e, conseguentemente, della resilienza urbana al rischio di alluvione, vi è il ricorso a tecnologie avanzate per lo "sviluppo a basso impatto di migliori pratiche di gestione", meglio note come *Low Impact Development of Best Management Practice* (LID-BMP).

Le pratiche LID-BMP sono in grado di apportare benefici multipli, garantendo non solo la diminuzione dei volumi idrici scaricati nei collettori fognari ma anche il filtraggio degli inquinanti e, per alcune tipologie, un apprezzabile ed efficace inserimento nel contesto urbano di riferimento. Tra le pratiche LID più diffuse e analizzata sia dal punto di vista di funzionamento idraulico che di ripercussione ambientale e urbanistica si annoverano i tetti verdi (*Green Roof*), le trincee drenanti (*Infiltration Trench*), le pavimentazioni porose (*Porous Pavement*) e i canali vegetati (*Vegetative Swale*).

Ciascuna pratica LID è caratterizzata da peculiarità tecniche (efficacia di rimozione, dimensioni, etc.) e non tecnica (costo di realizzazione e manutenzione, impatto ambientale, capacità di smaltimento) che rendono la loro selezione e dimensionamento una componente complessa ma, allo stesso tempo, basilare per una gestione efficace e sostenibile delle acque meteoriche in ambiente urbano e che,

ing to their positioning within the potential network and with the respect to their characteristics. Furthermore, the introduction of ecologically efficiency indicators for classifying the existing green areas makes it possible to better evaluate the application of conservation measures (restoration and environmental recovery), rather than requalification measures, or interventions.

These characteristics make green and blue infrastructures an important reference for the implementation of the resilience management principles. The adaptation interventions connected to this show the benefits of adopting a proactive approach to risk reduction, limiting the climate destabilization of the urban system, and strengthening its adaptive response capacity. The establishment of a first set of priority areas has therefore the purpose of creating a conceptual hinge between district and block scale design. This kind of urban meta-design results useful to orient the decision maker towards solutions validated by a knowledge-based decision process able at objectifying the logical steps in planning, and the quality of the data applied.

1.3 URBAN RESILIENCE ASSESSMENT USING LID-BMPS THROUGH A DECISION SUPPORT SYSTEM BASED ON HARMONY SEARCH

1.3.1 Introduction

In recent decades, *Climate Change* emerged as one of the most interesting issues (Carter et al. 2015) which, combined with forceful and unregulated soil exploitation, is causing increasingly frequent and intense flooding events in urban areas, also known as *flash floods* (Špitalar et al. 2014). As far as these phenomena concern, the implementation of suitable forecasting and prevention systems (*Early Warning* and *Early Safety*) is based on the application of simulation models capable of reducing social vulnerability and exposure to risk. In this context, the development of mitigation models and adaptive approaches, able to cope with the effects flooding at urban scale, is crucial for developing proper management criteria of urban rainwater infrastructures.

Several studies pointed out how the land use changes and the increase in soil sealing, due to buildings, parking areas and roads, are causing extreme flooding in urban areas, jeopardizing the quality of receiving water bodies (Dietz 2007). Moreover, as a result of runoff coefficient increase and urban hydrological cycle modification, the correct and effective use

* Testo di Maurizio Giugni, Francesco De Paola, Francesco Pugliese, Carlo Gerundo.

* Text by Maurizio Giugni, Francesco De Paola, Francesco Pugliese, Carlo Gerundo.

of water resources, as well as human safety itself, are severely threatened. The studies so far developed on the influence of extreme rainfall on both water infrastructure design and management have shown practical limits, concerning not only the assessment of technical effectiveness, but also the evaluation of environmental, economic and social effects (Fletcher et al., 2015) and inclusion in the urban context.

Among the design approaches aimed at increasing the performance of rainwater drainage systems and, thus, at enhancing urban resilience to flood risk, the use of advanced technologies for “Low-impact development of best management practices” (LID-BMPs) is becoming increasingly relevant. LID-BMPs are able to provide multiple benefits, ensuring not only the reduction of water discharged into sewage system but also the trapping of pollutants and, for some of them, a remarkable and effective integration into the urban context. The most widespread and analyzed LID practices, both from hydraulic effectiveness perspective and from urban and environmental benefits, include Green Roofs, Infiltration Trenches, Porous Pavements and Vegetative Swales.

Each LID practice has own technical peculiarities (removal efficiency, size, etc.) and non-technical ones (implementation and maintenance cost, environmental impact, disposal capacity). Therefore, the selection and sizing of LID-BMPs is a complex issue but, at the same time, it is pivotal for the effective and sustainable management of rainwater in urban environments, needing the implementation of multidisciplinary methodological approaches.

In the literature, various approaches aimed at the optimal use of LID-BMPs in urban areas were proposed. Among these, De Paola et al. (2018) implemented a decision support tool for the optimal design of LID in urban areas and tested its effectiveness to the Districts of Ponticelli and Fuorigrotta, in the Municipality of Naples.

The model developed is based on the interface between Harmony Search optimization algorithm (Geem et al. 2001) and the hydraulic solver EPA SWMM 5.1 (Rossman 2015), aimed at both optimally implementing the LID in urban rainwater systems and reducing the overflowing and discharged water volumes.

In this work, starting from the previous studies developed by the authors (De Paola et al., 2017; 2018), the methodology of optimal sizing of LID-BMPs is discussed and tested on the case study of the densely inhabited District of Soccavo (Naples). The model is based on the integration of territorial data processing in GIS environment with the meta-heuristic optimization model Harmony Search and the hydraulic EPA SWMM 5.1 solver.

pertanto, rende necessario il ricorso ad approcci metodologici multidisciplinari.

Nella letteratura ingegneristica di settore, sono proposti vari approcci finalizzati all'utilizzo ottimo di LID-BMPs in ambiente urbano. Tra questi De Paola et alii (2018) hanno implementato uno strumento di supporto decisionale per la progettazione ottima di LID in ambiente urbano, testando l'efficacia dell'approccio ai quartieri di Ponticelli e Fuorigrotta della Città Metropolitana di Napoli. Il modello sviluppato si basa sull'interfaccia tra l'algoritmo di ottimizzazione *Harmony Search* (Geem et al., 2001) e il solutore idraulico EPA SWMM 5.1 (Rossman, 2015), volto a combinare in modo ottimale l'applicazione LID nei sistemi urbani di acque meteoriche, con l'intento di ridurre i volumi idrici esondati e scaricati.

A partire da tali valutazioni, nel presente lavoro, sulla scorta dei precedenti studi sviluppati dagli autori (De Paola et al., 2017; 2018), è discussa e testata su un caso reale del quartiere densamente abitato di Soccavo (Napoli) la metodologia di dimensionamento ottimo di LID-BMPs, attraverso l'integrazione di processi di elaborazione territoriale in ambiente GIS con il modello di ottimizzazione meta-euristico *Harmony Search*, combinato con il simulatore idraulico EPA SWMM 5.1.

1.3.2 Approccio metodologico

L'approccio metodologico proposto per il dimensionamento e la localizzazione ottimale di superfici LID-BMPs per l'aumento della resilienza urbana a eventi meteorologici estremi è rappresentato nel flowchart, le cui fasi sono di seguito esplicitate.

Analisi territoriale: estrazione delle grandezze propedeutiche alla simulazione idraulica

La prima fase consiste nella definizione delle grandezze necessarie per l'ottimizzazione di superfici da destinare a LID-BMPs in un bacino di drenaggio urbano in ambiente GIS. I dati di *input* per la simulazione, riferiti al bacino o a eventuali sottobacini, ed estraibili in GIS, sono: area, larghezza, pendenza media, percentuale di superfici impermeabilizzate.

Il *database* geografico impiegato si compone sia di dati vettoriali (uso del suolo, rete di drenaggio), sia di dati *raster* (modello digitale del terreno, foto satellitare o ortofoto a 3 bande). Processando il modello digitale del terreno, sono definiti i confini del bacino e di eventuali sottobacini. In seguito, i dati di *input* sono elaborati con una *routine* di comandi che restituisce come *output* le grandezze necessarie per l'esecuzione dei successivi *step* metodologici, come di seguito analizzato.

Creazione della mappa della permeabilità

Preliminarmente è stata processata una ortofoto a 3 bande attraverso una sequenza di operazioni, eseguite con il *software* ArcGis Pro:

Estrazione bande. Per distinguere le parti del suolo impermeabilizzate (edifici, strade, parcheggi, altre superfici asfaltate, etc.) da quelle permeabili (vegetazione, corpi idrici e terreno nudo), l'immagine è categorizzata in differenti usi del suolo, modificando la combinazione di bande per distinguere le caratteristiche spettrali.

Segmentazione. I *pixel* sono raggruppati in segmenti, così da generalizzare l'immagine e ridurre il numero di firme spettrali da classificare.

Classificazione. Ciascuna classe è categorizzata come area permeabile o impermeabile.

Riclassificazione degli errori. Riclassificazione di eventuali piccoli errori compiuti

ti nella classificazione automatica del raster segmentato.

Validazione. Valutazione dell'accuratezza della classificazione come confronto statistico con l'immagine originale mediante generazione di un *set random* di *accuracy assessment point*.

Calcolo della matrice di confusione. Il *set* di *accuracy assessment point* validato nella precedente fase è impiegato per il calcolo della matrice di confusione: se le aree classificate come impermeabili rappresentano aree effettivamente impermeabilizzate nell'immagine originale, la matrice di confusione presenta un'alta percentuale di accuratezza, indicando un'elevata precisione della classificazione. Dato definitivo sull'accuratezza della classificazione è l'indice Kappa, costruito in funzione dei valori di $U_accuracy$ (indice di accuratezza dell'utente)

1.3.2 Methodological Approach

The methodological approach proposed for the optimal sizing and localization of LID-BMPs, to increase of the urban resilience to extreme meteorological events, is shown in Fig. 14. The main steps of the methodology are detailed explained as follows.

Territorial analysis: extracting data for hydraulic simulation
 The first step is the calculation, in a GIS environment, of the data needed to identify the optimal surfaces to be converted into LID-BMPs of a urban catchment or sub-catchment. The input data, detectable in GIS, are: area, width, average slope, percentage of paved surfaces.

The geographical database used in this research is made of both vector data (land use, drainage network) and raster data (digital terrain model, satellite photo or 3-bands orthophoto). By processing the digital terrain model, the boundaries of the urban catchment and potential sub-catchments are defined. Then, the input data are processed using a routine of commands that returns, as output, the data required for the next methodological steps, as analyzed below.

Permeability map

A 3-bands orthophoto was first processed through a sequence of operations, carried out with the Arcgis Pro software:

Band extraction. In order to distinguish the paved surfaces (buildings, roads, parking lots, other asphalt areas, etc.) from permeable ones (vegetation, water bodies and bare soil), the image is categorized into different land uses, modifying the combination of bands to discern spectral characteristics.

Segmentation. Pixels are grouped into segments for generalizing the image and reducing the number of spectral signatures to be classified.

Classification. Each class is classified as a permeable or an impermeable area.

Errors reclassification. Each small error made in the automatic classification of the segmented raster is reclassified.

Validation. Evaluation of classification accuracy as statistical comparison with the original image by generating a random set of accuracy assessment points.

Confusion matrix calculation. The accuracy assessment points set validated in the previous step is used for the calculation of the confusion matrix: if the areas classified as impermeable are effectively paved surface in the original image, the confusion matrix has a high percentage of accuracy. The Kappa index, built as a function of the User's accuracy index) and Producer's accuracy index, provides an overall accuracy measure of the classification.

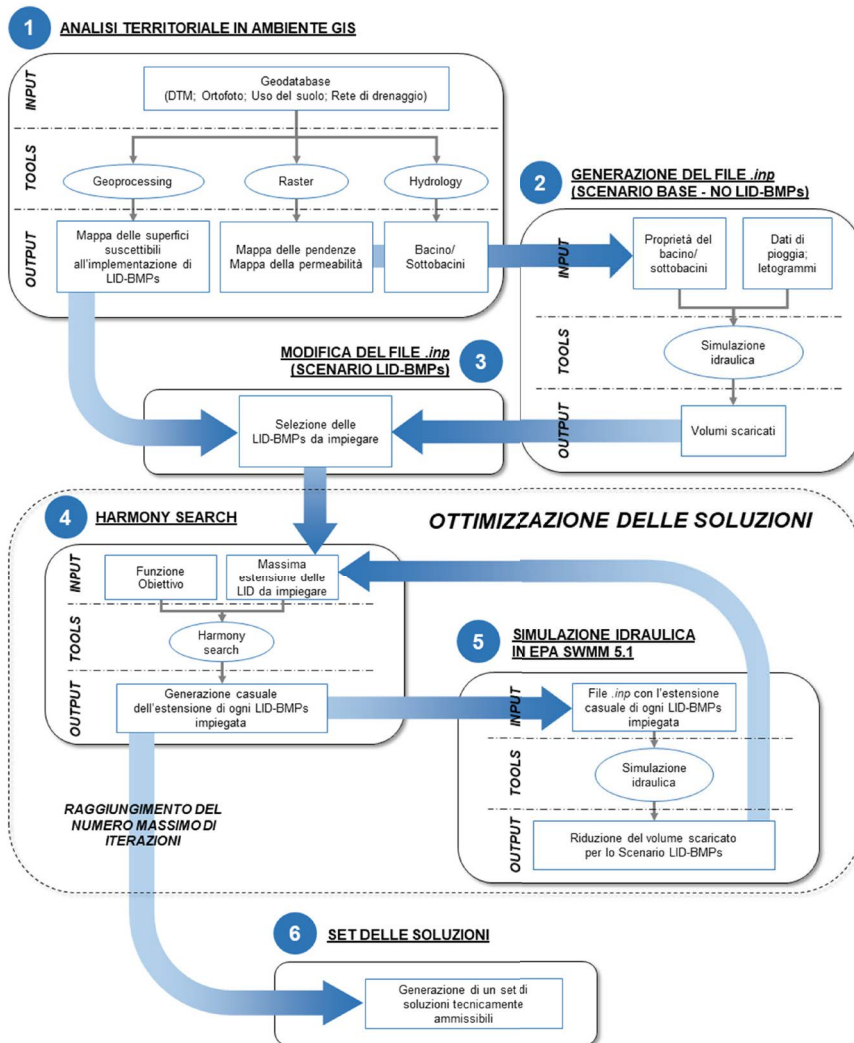


Fig. 14 - Flowchart per il dimensionamento e la localizzazione ottimale di superfici LID-BMPs / Flowchart for LID-BMPs optimal sizing and localization (Source: Authors' elaboration).

Urban catchment data calculation routine

The tool for urban catchment (or sub-catchment) data calculation is made of 3 sub-routines that allow to estimate the average slope, the percentage of paved areas and the average catchment (or sub-catchments) width.

Calculation of maximum paved area to be converted into LID-BMPs

The size of the different land uses in the study area was calculated from the land use map. Land use crucially affects the aptitude of an area to be converted into a LID-BMP. For instance, Green Roofs can only be installed on buildings' roof layer, while Porous Pavements can only be used for roads pavement. Another relevant variable is the ownership structure, since public areas and buildings could be more easily involved into an urban regeneration intervention.

Baseline scenario implementation

To achieve the Baseline scenario, the hydraulic and geo-morphological features of the study area are used as an input of the program. Then, the catchments are modeled in SWMM 5.1, defining their extent, equivalent width and a set of parameters related to permeability and other soil features.

The skeletonized sewer system is then modelled including the inflow nodes and a final outflow. The first node of the network, which is located on the upstream side of the catchment, can be modeled as a storage unit, assuming its ability to working as a stormwater detention tank, to reduce the flowing rate of the downstream trunks to values compatible with their conveying capacity.

Several hyetographs related to the critical rainfall duration, at different return periods, are simulated. Finally, the outfall loading volumes are calculated.

This step is essential because it allows achieving the data to be compared with the simulations of the Design scenarios.

Design Scenarios implementation with LID-BMPs

The following step concerns LID-BMPs implementation within the model. The inclusion of each LID-BMP feature in SWMM 5.1 does not require the estimation of the areas to be converted into LID-BMP, since this data is provided by the optimization procedure generated by the calculation code.

Each LID is modelled according to LID Control module, defining setting parameters influencing the storage, the infiltration, and the outflow processes of the intercepted water.

This step ends with the definition of the allowable maximum and minimum area to be converted into each LID-BMP, being the input data for the optimization algorithm run in the next phase.

e $P_{accuracy}$ (indice di accuratezza del produttore).

Routine per il calcolo dei dati del bacino

Il tool per il calcolo dei dati relativi al bacino di drenaggio urbano o dei relativi sottobacini è composto da 3 sub-routine che consentono di ottenere il valor medio della pendenza, la percentuale di aree impermeabilizzate e la larghezza media del bacino (o dei sottobacini).

Calcolo della massima estensione delle superfici da destinare a LID-BMP

Dalla mappa di uso del suolo sono state ricavate le aree dei poligoni costituenti l'area oggetto di studio. Trai i diversi fattori che incidono sulla predisposizione di un'area ad accogliere o meno l'installazione di una determinata tecnologia LID-BMP, l'uso del suolo costituisce un fattore determinante. L'installazione di tetti verdi (*Green Roof*), di fatto, può avvenire solo sui lastrici solari degli edifici, così come l'impiego di asfalti porosi potrà prevedersi per le aree occupate da superfici stradali. Inoltre, una delle variabili certamente significative è l'assetto proprietario, in quanto aree e edifici pubblici risultano più agilmente opzionabili in un intervento di rigenerazione urbana.

Generazione del file .inp per lo scenario base

Lo scenario base si ottiene inserendo come *input* del programma le caratteristiche idrauliche e geo-morfologiche relative all'area di intervento. È possibile poi procedere alla modellazione dei bacini in SWMM 5.1, identificati dall'estensione areale, dalla width (larghezza equivalente) e da una serie di parametri relativi alla permeabilità e alle caratteristiche superficiali del suolo.

Si modella quindi la rete semplificata comprensiva dei vari pozzetti e di uno scaricatore finale. A valle del bacino, il primo nodo della rete può essere modellato come una *storage unit*, ovvero supponendo la trasformazione del pozzetto in una vasca di laminazione (o volano), per ridurre le portate al colmo di piena a valori compatibili con la capacità di convogliamento dello stesso.

Si considerano vari ietogrammi di pioggia, in funzione di periodi di ritorno e durate compatibili con l'estensione del bacino e la tipologia di intervento in oggetto.

Infine, si calcolano i volumi scaricati (*outfall loading*) per ciascun evento meteorico. Tale step risulta di particolare importanza perché determina, di fatto, la conclusione della fase di analisi e definisce il dato di partenza da confrontare con i risultati della simulazione post LID-BMP.

Modifica del file .inp e definizione dello scenario LID-BMP

Conclusa la fase di conoscenza, sono implementate nel modello le tecniche LID-BMP. L'inserimento delle caratteristiche di ciascuna LID in SWMM 5.1 non prevede la quantificazione delle superfici a esse dedicate. Esse, infatti, sono dimensionate mediante il processo di ottimizzazione generato dal codice di calcolo.

Ciascuna LID è modellata in base a "moduli di funzionamento", in funzione, quindi, dei parametri che influenzano l'immagazzinamento, l'infiltrazione e il deflusso delle acque intercettate. La conclusione di tale *step* si concretizza con la quantificazione di un *range* di superficie di ciascuna LID, tra un valore minimo e massimo, che costituisce il dato di *input* per l'algoritmo di ottimizzazione di cui alla successiva fase della metodologia.

Applicazione dell' algoritmo Harmony Search

La generazione delle possibili soluzioni al problema si esplicita mediante un codice di calcolo basato sull' algoritmo meta-euristico *Harmony Search* (HS).

I parametri di *input* del codice, desunti dalle precedenti fasi, sono: il *range* di superficie destinabile a ciascuna LID, il costo di realizzazione delle stesse e il volume idrico scaricato in condizione di scenario base.

Il modello meta-euristico applicato è l' algoritmo *Harmony Search* (HS), implementato da Geem et al. (2001) come procedura di ottimizzazione in grado di modellare il processo di esecuzione di un' armonia musicale di improvvisazione jazz. Tale armonia è formalizzata da un vettore soluzione e da tecniche di ottimizzazione per la riproduzione analitica di una improvvisazione musicale. La stima estetica dell' armonia è quantificata dalla Funzione Obiettivo (FO), raggiungendo, dopo un numero sufficiente di iterazioni, lo stato armonico perfetto. Secondo la originale configurazione, l' algoritmo si compone di 5 *step* principali, per la finalizzazione, la generazione dell' improvvisazione armonica, l' aggiornamento dei parametri iniziali e l' arresto, una volta raggiunto il numero di iterazioni massime fissato.

Simulazione idraulica in EPA SWMM 5.1

Il primo *step* operativo della fase di simulazione prevede la selezione preliminare tra le infinite soluzioni possibili. Successivamente si eseguono le simulazioni per definire i volumi d' acqua *V* scaricati, verificando la coerenza con una serie di obiettivi idraulici "secondari" legati al miglioramento del funzionamento dell' im-

Harmony Search application

The generation of possible solutions is achieved using a calculation code based on Harmony Search meta-heuristic algorithm.

The input parameters of the code, obtained from the previous phases, are: the range of area allowable to be converted into each LID-BMP, the implementation cost, the outfall volume of the Baseline scenario.

The meta-heuristic model applied is the Harmony Search algorithm (HS), implemented by Geem et al. (2001) as an optimization procedure capable to numerically simulate the process of performing jazz improvisation musical harmony. Harmony is formalized by a solution vector and optimization techniques for the analytical reproduction of a musical improvisation. The aesthetic estimation of harmony is quantified by the Objective Function (OF), reaching, after a set number of iterations, the perfect harmonic state. According to the original configuration, the algorithm consists of 5 main steps, for finalization, generation of harmonic improvisation, starting parameters update and stopping, once the maximum number of iterations is reached.

Hydraulic simulation in EPA SWMM 5.1

The first operational step of the simulation phase involves the

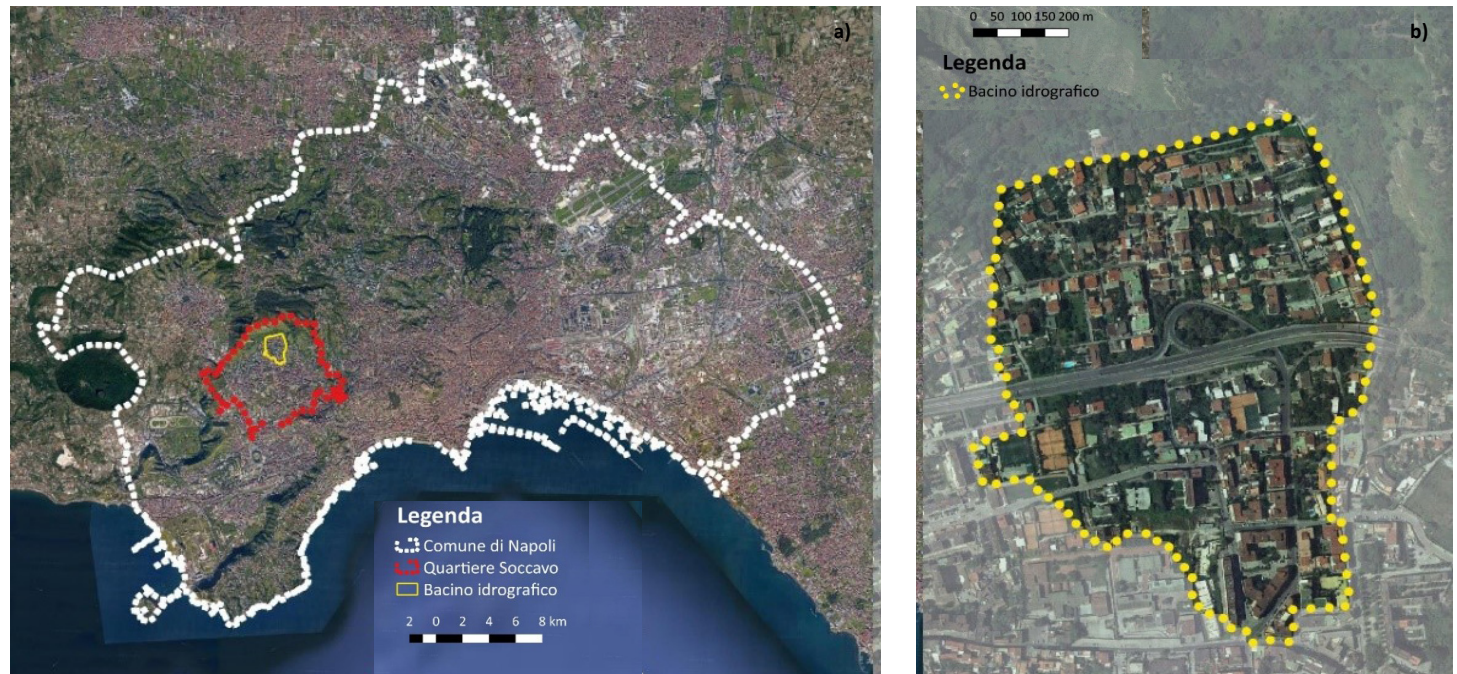


Fig. 15 - a) Foto satellitare del Comune di Napoli con indicazione dei perimetri del quartiere Soccavo e del bacino idrografico oggetto di analisi; b) Ortofoto con indicazione del perimetro del bacino idrografico oggetto di analisi / a) Satellite image of the Municipality of Naples, showing Soccavo District and the analyzed urban catchment borders; b) Ortofoto showing the analyzed urban catchment borders (Source: Authors' elaboration).

preliminary selection among the infinite feasible solutions. Then the simulations are carried out to define the outfall water volumes, verifying the consistency with a series of "secondary" hydraulic targets related to the improvement of the urban drainage system.

In this step, the DSS interacts with the urban design in order to integrate the selected solutions; a proper comparison between the two above-mentioned phases is essential to avoid the choice of optimal hydraulic and economic solutions that are not implementable from an urban planning and design perspective. Thus, the chosen solution must follow the simulation process described above, so as to satisfy all the fixed hydraulic and technical targets, consistent with the financial budget and the land use policy framework.

The methodology stops with the generation of the set of solutions. For each solution generated by Harmony Search, the reduction of flooded water volume is estimated, setting as OF the minimization of the implementation costs of a set of selected LID-BMP, in compliance with hydraulic and technical constraints (including the maximum area convertible into each LID-BMP). Discounted construction costs are derived from literature (Zhang, 2013).

pianto di drenaggio urbano.

In tale fase, il DSS si interfaccia con il progetto urbanistico per l'integrazione delle soluzioni; senza un adeguato confronto tra i due momenti di definizione delle strategie di intervento, si tenderebbe alla scelta di soluzioni di ottimo progettuale ed economico, ma irrealizzabili per la difficile integrazione in un quadro di politiche di gestione del territorio. La soluzione scelta deve quindi seguire il processo di simulazione sopra descritto, soddisfacendo il raggiungimento di tutti gli obiettivi idraulici e tecnici prefissati, compatibilmente con il budget finanziario disponibile e il contesto di governo del territorio di riferimento.

La metodologia si conclude con la generazione del set di soluzioni. È quindi stimata, per ciascuna soluzione, la riduzione di volume idrico esondato con la soluzione generata dall'Harmony Search, settando come Funzione Obiettivo la minimizzazione dei costi di realizzazione complessivi di un set di LID scelte, nel rispetto dei vincoli idraulici e tecnici del problema (tra cui l'estensione massima di ciascuna LID. I costi attualizzati di costruzione sono desunti dalla letteratura (Zhang, 2013).

1.3.3 Area di studio

La metodologia descritta al paragrafo precedente è testata al caso studio di Soccavo, popoloso quartiere della periferia occidentale di Napoli, contraddistinto da elevate densità edilizie e da alti tassi di impermeabilizzazione del suolo. Attraverso gli strumenti della toolbox Hydrology del software ArcMap 10.7, processando un

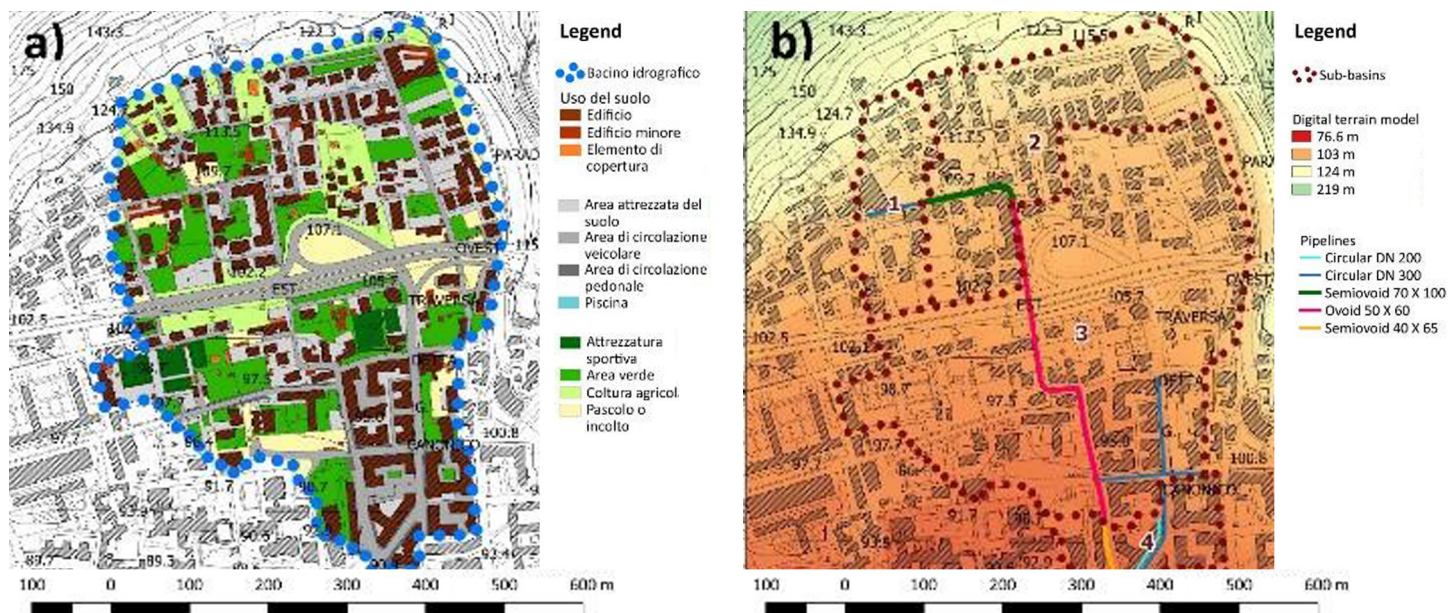


Fig. 16 - a) Database topografico classificato per usi prevalenti del suolo con indicazione del perimetro del bacino idrografico oggetto di analisi; b) Sovrapposizione di sottobacini e rete di drenaggio urbano, con indicazione delle dimensioni degli spechi, al modello digitale del terreno / a) Geographic database categorized by land uses; b) Sub-catchments borders and drainage network, categorized by pipelines typology, overlaid with digital terrain model (Source: Authors' elaboration).

modello digitale del terreno, è stato perimetrato un bacino idrografico di estensione pari a circa 26 ha, ubicato a confine con le pendici meridionali della Collina dei Camaldoli. Esso è tagliato trasversalmente dal percorso in viadotto dell'asse viario Pigna-Soccavo-Pianura. Il tessuto urbano è caratterizzato da alte densità edilizie e da un sistema degli spazi pubblici quasi inesistente, essendo presente, quale attrezzatura pubblica, la sola scuola materna comunale, seppur non manchino spazi aperti ineditati, ovvero superfici agricole incolte e campi da gioco di proprietà privata (Fig. 15).

1.3.4 Dati a disposizione

I dati territoriali sono estratti dal database topografico della Regione Campania, ricavato dalla Carta Tecnica Regionale, edizione 2011 (scala 1:5.000, CRS ETRS2000 UTM-33N), composto da *feature class* poligonali corrispondenti a differenti usi del suolo, e dal modello digitale del terreno (DTM), in formato *raster*, con risoluzione pari a 1 m (Fig. 16a). Si è, inoltre, potuto disporre di ortofoto a 3 bande di colore (RGB da 8bit di profondità ciascuna), sviluppata dall'Agenzia per le Erogazioni in Agricoltura (Agea) nel 2014, avente risoluzione 0,4 m.

È stato, infine, utilizzato il dato vettoriale polilineare della rete di drenaggio (in formato *shapefile*), recante, per ciascun tratto, informazioni circa speco, dimensioni del collettore, quota del piano di posa, pendenza e lunghezza. L'analisi della rete di drenaggio ha consentito di perimetrare 4 sottobacini di estensione variabile, numerati progressivamente da nord verso sud (Fig. 16b).

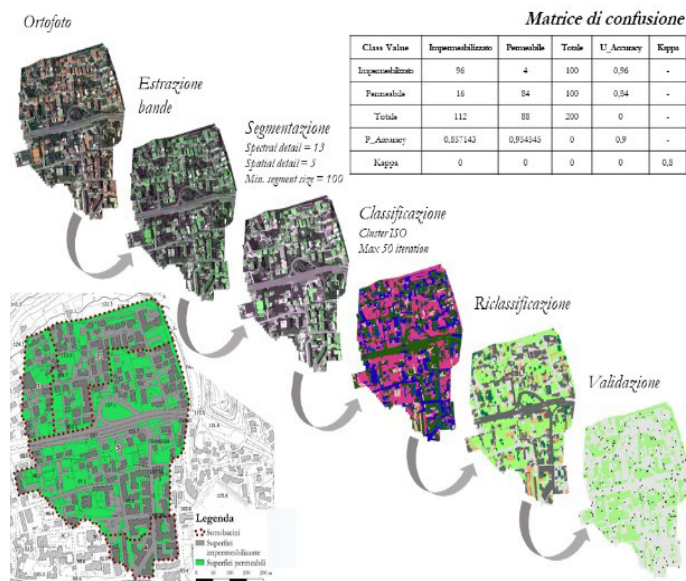


Fig. 17 - *Abstract grafico della routine creata per la classificazione delle aree impermeabilizzate in area urbana / Graphical abstract of the automated routine created to classify paved surfaces in the study area* (Source: Authors' elaboration).

1.3.3 Case study

The methodology described in the previous paragraph was applied to the case study of Soccavo, a highly populated and densely urbanized District of Naples, where soil sealing rate is significantly severe. An urban catchment of about 26 hectares was identified by processing a digital terrain model in Arcmap 10.7, using the Hydrology toolbox. The urban catchment is located on the border with the Southern slopes of the Camaldoli Hill and it is cut across by the viaduct of the Pigna-Soccavo-Pianura highway.

The urban building is remarkably dense and public spaces are almost missing (only a municipal nursery school was detected), although there are wide permeable open spaces, fallow fields and private playgrounds (Fig. 15).

1.3.4 Available data

The case study was investigated processing a geographic database provided by Campania Region and achieved from the 2011 Regional Technical Map (scale 1:5,000, CRS ETRS2000 UTM-33N). The geographic database was made of polygon feature classes, corresponding to different land uses, and by a DTM with 1 m spatial resolution (Fig. 16a). A 0.40 m resolution

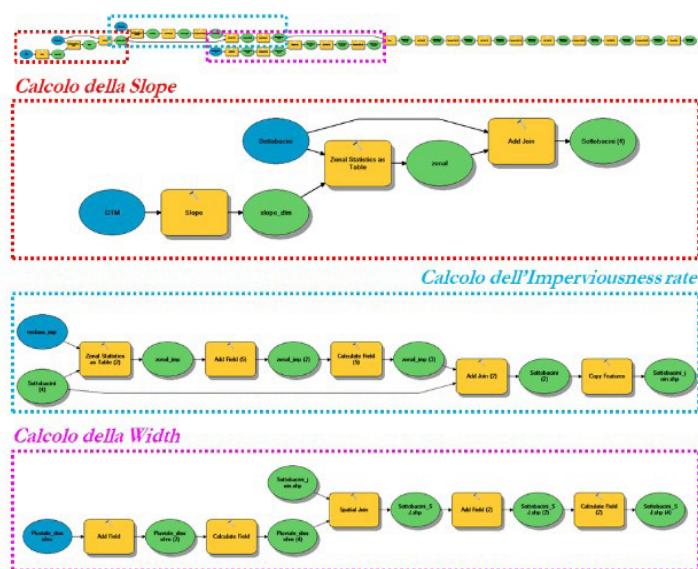


Fig. 18 - *Abstract grafico del tool creato per calcolo dei dati relativi ai sottobacini di drenaggio urbano necessari per la simulazione idraulica / Graphical Abstract of the automated tool to calculate the input data of each sub-catchment for hydraulic simulation* (Source: Authors' elaboration).

3-band orthophoto, provided by the Italian Agricultural Payment Agency (AGEA) in 2014, was then applied.

Moreover, a polyline shapefile was employed to design the drainage system: for each edge, detailed information concerning pipe typology, size, length, slope and laying surface height were provided. The analysis of the sewer system allowed to identify 4 Sub-Catchments, serially numbered from North to South (Fig. 16b).

It is worth noting that, differently from a technically effective design, the diameters of downstream branches are smaller than the upstream ones. Thus, the sewer system is ineffective and particularly susceptible to failure under extreme rainfall events.

1.3.5 Results and discussion

The territorial analysis started by processing the 3-band orthophoto using ArcGis Pro software. The method chosen for band extraction was the Band IDs, coupling a single number with each band. The method adopted for segmentation was set as unsupervised, while the classification method was set as object-based. Image segmentation was led by three parameters:

1. Spectral detail [1÷20]: level of importance attributed to spectral difference, set equal to 13;
2. Spatial detail [1÷20]: level of importance attributed to proximity between pixels, set equal to 5;
3. Minimum segment size in pixel [>0]: segments with fewer pixels than the value specified in this parameter were merged into a neighbouring segment. Considering the spatial resolution of the processed orthophoto used for the case study (0.40 m), a minimum segment size equal to 100 was chosen.

To validate the classification, 200 accuracy assessment points were randomly generated.

As regard the confusion matrix, 96 pixels out of 100 were correctly classified as impervious ($U_{accuracy}$ equal to 96%). Thus, the Kappa index, measuring the classification accuracy and built from $U_{accuracy}$ e $P_{accuracy}$ values, was equal to 80%. Given the high spatial and spectral variability of the processed orthophoto, this value was considered reliable enough for the aim of this study (Fig. 17).

Once the permeability map was generated, in order to achieve the input data for hydraulic simulation, the automated tool run (Fig. 18). Outcomes of the automated model are synthesized in Tab. 2, Sub-Catchments 1 and 2 were nearly twice as sloping as Sub-Catchments 3 and 4. The imperviousness rates were always higher than 50%, peaking at 82% in Sub-Catchment 4.

Moreover, the land use map was reclassified in order to estimate the maximum area allowable for each LID-BMP implementation. Specifically, each polygon was re-classified either as public or as private, given its ownership structure.

Si evidenzia come, contrariamente a quanto ci si aspetterebbe da un corretto dimensionamento dei collettori, la rete di drenaggio sia caratterizzata da dimensioni degli specchi che si riducono nel percorso idrico da monte a valle. Ciò rappresenta un elemento di rilevante criticità in presenza di eventi meteorici estremi.

1.3.5 Risultati e discussione

La fase di analisi territoriale inizia con l'elaborazione dell'ortofoto a 3 bande con il software ArcGis Pro. Il metodo scelto per l'estrazione delle bande è stato il "Band IDs" che contempla un singolo numero per ciascuna banda. Il metodo adottato per la procedura di segmentazione, invece, è di tipo *Unsupervised* mentre il tipo di classificazione è stato impostato su *object-based*. La segmentazione dell'immagine è regolata da tre parametri:

1. Spectral detail [1÷20]: livello di importanza dato alle differenze spettrali tra i pixel ed è stato posto pari a 13;
2. Spatial detail [1÷20]: livello di importanza dato alla vicinanza tra i pixel ed è stato posto pari a 5;
3. Minimum segment size in pixel [>0]: soglia sotto la quale i segmenti con meno pixel sono uniti in un segmento adiacente; considerando la risoluzione spaziale dell'immagine (0,40 m), per il caso studio in esame è stato scelto un valore di minimum segment size pari a 100.

Con riferimento alla procedura di validazione, per il caso studio descritto sono stati generati 200 accuracy assessment point. Per ciò che attiene alla matrice di confusione, 100 pixel sono stati classificati come impermeabili, di cui 96 classificati correttamente, con una $U_{accuracy}$ pari al 96%. Dato definitivo sull'accuratezza della classificazione è l'indice Kappa, costruito in base ai valori di $U_{accuracy}$ e

| Sottobacino | Area [m ²] | Width [m] | Pendenza [%] | Tasso di impermeabilizzazione [%] |
|-------------|---------------------------|--------------|-----------------|---|
| 1 | 23.717,10 | 339,46 | 14,2 | 0,52 |
| 2 | 62.010,84 | 478,59 | 11,08 | 0,58 |
| 3 | 155.513,95 | 347,21 | 7,36 | 0,56 |
| 4 | 19.730,87 | 189,39 | 7,49 | 0,82 |

Tab. 2 - Risultati dell'analisi territoriale, relativi a ciascun sottobacino / Territorial analysis results for each sub-catchment (Source: Authors' elaboration).

| LID-BMP | m ² di LID-BMP per sottobacino | | | | Totale |
|--------------------------|---|-------|--------|-------|--------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | |
| Pavimenti permeabili | 484 | 1.722 | 12.514 | 4.515 | 19.234 |
| Sistemi di bioritenzione | 0 | 0 | 1.217 | 673 | 1.890 |
| Tetti verdi | 0 | 0 | 728 | 0 | 728 |
| Totale | 484 | 1.722 | 14.459 | 5.187 | 21.852 |

Tab. 3 - Estensione delle superfici potenzialmente impiegabili per ciascun tipo di LID-BMP in ogni sottobacino / Maximum extension of areas potentially available for selected LID-BMP technologies the in each sub-catchment (Source: Authors' elaboration).

$P_{accuracy}$, pari all'80% che, data l'alta variabilità spaziale e spettrale dell'immagine, può ritenersi abbastanza affidabile (Fig. 17). Ottenuta la mappa delle aree impermeabilizzate, è stato applicato il *tool* di calcolo dei dati necessari alla simulazione idraulica. L'output del *tool* è riassunto in Tab. 2, dalla quale si evince come i sottobacini 1 e 2 siano caratterizzati da una pendenza quasi doppia rispetto a quella dei sottobacini 3 e 4. Inoltre, si osserva come i tassi di impermeabilizzazione siano sempre superiori al 50% con un picco del 82% nel caso del sottobacino 4.

Da una riclassificazione della mappa dell'uso del suolo, inoltre, si è provveduto a stimare la superficie destinabile a ciascun tipo di LID-BMP, valutando proprietario di ciascun poligono come pubblico ovvero privato.

È stato scelto di opzionare le strade pubbliche, con esclusione dell'Asse Viario Pigna-Soccavo-Pianura e del relativo svincolo, per la riconversione in pavimenti permeabili, di ipotizzare la trasformazione di marciapiedi e degli ulteriori spazi aperti di proprietà pubblica con sistemi di bioritenzione (50%) e pavimenti permeabili (50%), e di impiegare il lastrico solare dell'edificio della scuola materna per l'installazione di un tetto verde (Tab. 3, Fig. 19).

Per le fasi successive della metodologia, sono state implementate elaborazioni considerando un idrogramma rettangolare riferito a 3 periodi di ritorno $T = 5, 20$ e 50 anni e durata dell'evento meteorico di progetto $d = 1$ h.

La soluzione ottimale per incrementare la resilienza urbana nei confronti dell'esondazione del sistema di drenaggio è riportata con riferimento ai tre periodi di ritorno considerati in Fig. 20, in cui è mostrato l'andamento del costo di costruzione delle LID rispetto al rapporto V/V_0 tra il volume scaricato V e quello che scaricherebbe senza alcun intervento di mitigazione V_0 .

Al fine di contenere i volumi esondati, è considerata anche la presenza di vasche

Public roads, except for or the highway and the junction were chosen to be converted into porous pavements; footpaths and other public spaces were supposed to be transformed into bio-retention areas (50%) and porous pavements (50%); finally, the flat roof of the kindergarten was chosen to be converted into a green roof (Tab. 3, Fig. 19).

For the next steps of the methodology, a rectangular hyetograph of critical duration $d = 1$ h was employed for simulations, with reference to three return periods $T = 5, 20$ and 50 years.

The optimal solutions able to enhance urban resilience to drainage system flooding, referring to the three return periods T , are plotted in Fig. 20. It shows the correlation between LIDs construction costs and the flooded volume rate r , between the outfall volume V and the flooded water volume of the Baseline Scenario V_0 .

In order to detain the flooded volumes, the installation of a stormwater detention tank was also considered within each Sub-Catchment.

The profile of the main trunk of the entire Catchment is plotted at $T = 5$ years without (a) LID-BMPs and (b) with them, is plotted in Fig. 21.

In Fig. 22 the non-linear increase of LID-BMPs construction costs, at increasing the return period T is plotted with reference to solutions avoiding flooding events. In detail, the minimum cost was equal to 1,34 M€, 1,92 M€ and 2,39 M€ for $T = 5, 20, 50$ years, respectively.

The maximum volume of the stormwater tanks was not constrained, and their location identified the most critical nodes of the system, allowing to significantly limit the flowing rates. In Fig. 23 the maximum volumes of the stormwater tanks WT are plotted for Sub-Catchments 1 and 3. As observed for the construction costs, at increasing the return period T , the maximum volume of stormwater tanks increased with a non-linear trend.

The benefits ensured by optimal sized LID-BMPs implementation, as far as pressurized trunks reduction concerns, can also be noticed during most intense events. By combining the selected optimized LID-BMPs with water stormwater tanks a 100% reduction of the flooded volume could be achievable.

In Fig. 24 the comparison between the flowing rate Q_{in} at the Baseline scenario and the outlet flow rate from the stormwater tank at the Design scenario for Sub-Catchment 3 are plotted for return period $T = 50$ years. The effectiveness of the implemented interventions is detectable, in terms of peak flow rate, observing a reduction of about 80% of the peak flow with respect to the Baseline scenario.

1.3.6 Conclusions

This paper proposes a multidisciplinary methodological ap-

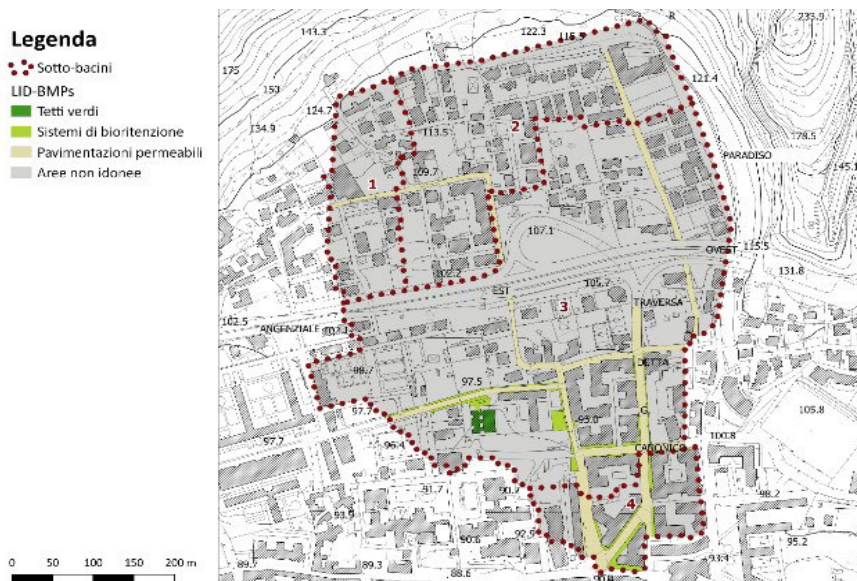


Fig. 19 - Ubicazione delle superfici potenzialmente impiegabili per ciascun tipo di LID-BMP in ogni sottobacino / Areas suitable for the implementation of the selected LID-BMP technologies (Source: Authors' elaboration).

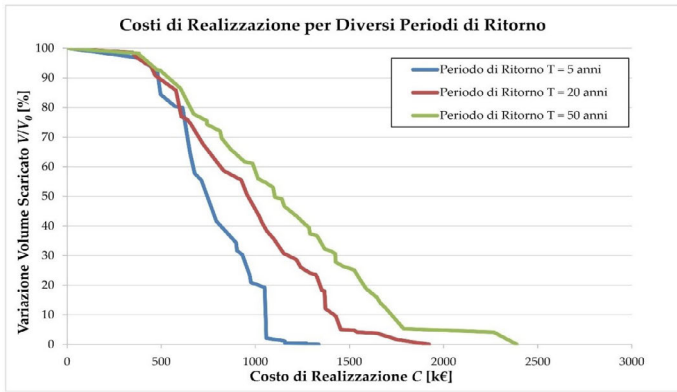


Fig. 20 - Andamento del fronte di Pareto per le soluzioni ottimali per periodi di ritorno $T = 5, 20$ e 50 anni./ *Pareto front of the optimal solutions for return period $T = 5, 20$ and 50 years* (Source: Authors' elaboration).

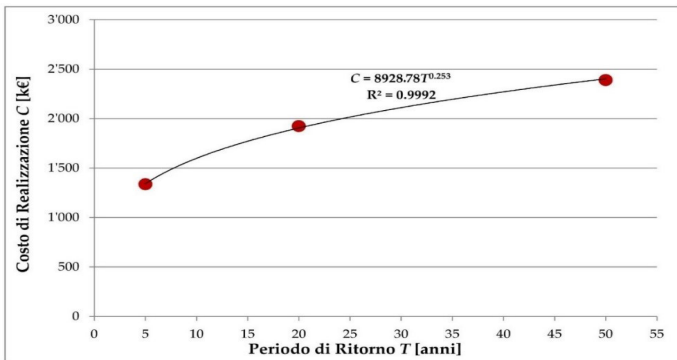


Fig. 22 - Andamento del costo di costruzione ottimale per $T = 5, 20$ e 50 anni./ *Construction costs-return period correlation for $T = 5, 20$ and 50 years* (Source: Authors' elaboration).

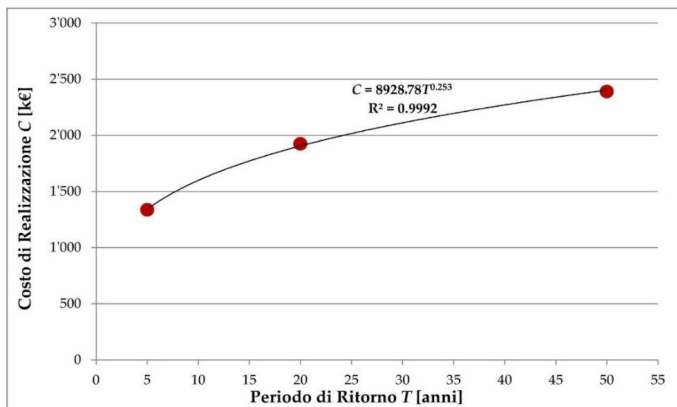


Fig. 23 - Volumi massimi delle vasche nei nodi critici del sistema al variare del periodo di ritorno T / *Maximum volumes of stormwater tanks in critical nodes at varying the return period T* (Source: Authors' elaboration).

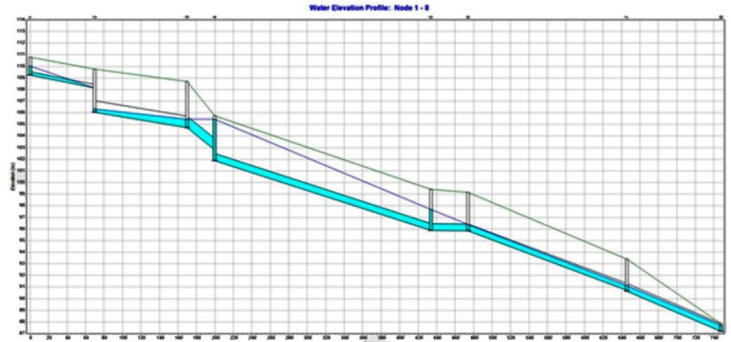
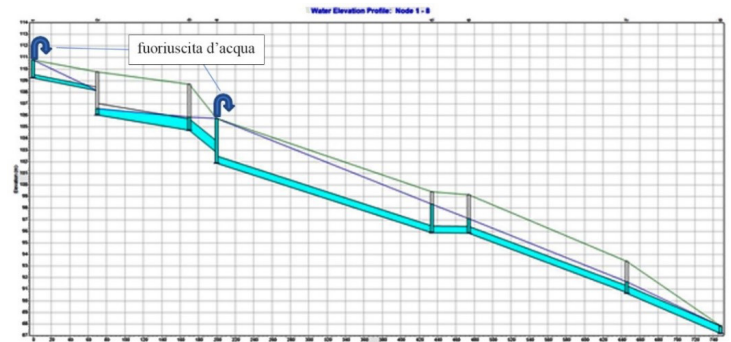


Fig. 21 - Andamento del profilo di corrente nel sistema di drenaggio (per $d = 1$ h e $T = 5$ anni) per il caso (a) senza intervento (scenario base) e (b) con la soluzione LID ottimizzata / *Current Profile ($d = 1$ h and $T = 5$ years) for (a) Baseline scenario, without LID-BMPs and (b) Design scenario with optimal LID-BMP solution* (Source: Authors' elaboration).

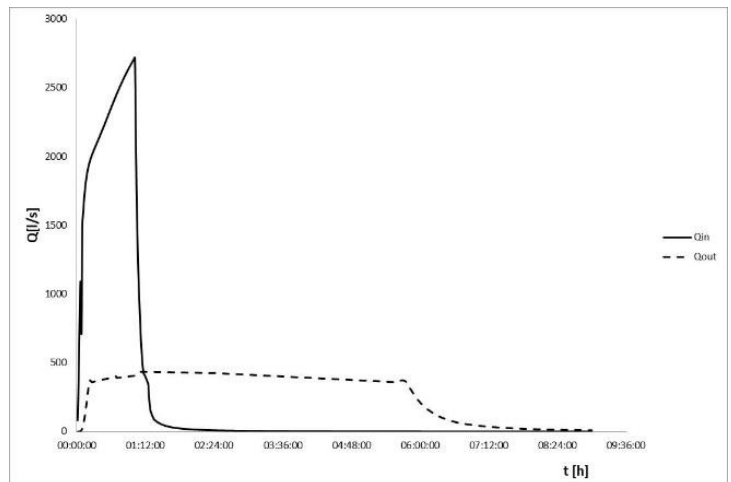


Fig. 24 - Andamento delle portate in ingresso e in uscita dalla vasca di laminazione per $T = 50$ anni / *Flowing rate and outlet flow rate from the stormwater tank for return period $T = 50$ years* (Source: Authors' elaboration).

volano per ciascuno dei 4 i bacini in argomento.

Si riporta di seguito, in Fig. 21, l'andamento del profilo di corrente per il caso (a) senza LID e (b) con LID, per un periodo di ritorno $T = 5$ anni. In Fig.22 si rappresenta il trend non lineare di variabilità dei costi complessivi di realizzazione delle tecniche LID in grado di evitare esondazione, in funzione del periodo di ritorno T . In particolare si ha che per $T = 5$ anni il costo minimo è pari a 1,34 M€, per $T = 20$ anni è pari a 1,92 M€, infine, per $T = 50$ anni è pari a 2,39 M€.

Il volume massimo delle vasche volano non è vincolato e la loro posizione identifica i nodi critici del sistema, consentendo di ridurre significativamente le portate al colmo. In Fig. 23 sono riportati i volumi massimi delle vasche volano per i bacini 1 (Nodo 1) e 3 (Nodo 4). Si può notare, come, all'aumentare del periodo di ritorno T , tali volumi crescano in modo non lineare.

I benefici derivanti dall'applicazione degli interventi dimensionati sono riscontrabili, in termini di riduzione dei tronchi pressurizzati, anche durante gli eventi di maggiore intensità. Dalla combinazione delle LID proposte con vasche volano, sarebbe possibile ottenere una riduzione del volume esondato del 100%.

In Fig.24 è rappresentato l'idrogramma di piena per $T = 50$ anni con riferimento al nodo 4 dello schema di drenaggio modellato. Dalla comparazione tra la portata entrante Q_{in} nel nodo in assenza di interventi di mitigazione e la portata in uscita Q_{out} dalla vasca volano (localizzata a monte dello stesso) si osserva il beneficio combinato delle LID e delle vasche, comportando una riduzione della portata di picco del circa 80%.

1.3.6 Considerazioni conclusive

Il presente contributo propone un approccio metodologico multidisciplinare per l'incremento della resilienza urbana a eventi meteorici estremi mediante l'implementazione di un sistema di LID-BMPs. La metodologia integra una procedura di analisi territoriale in ambiente GIS con il modello di ottimizzazione proposto da De Paola et alii (2018) per la gestione dei sistemi urbani di acque meteoriche, applicandola al caso studio di un bacino idrico urbano del quartiere Soccavo, nel Comune di Napoli.

L'approccio innovativo alla progettazione delle pratiche LID nei sistemi di acque piovane urbane si basa sull'integrazione tra elaborazioni GIS di dati territoriali con l'interfaccia tra il modello di ottimizzazione meta-euristica di *Harmony*

proach aimed at enhancing urban resilience to extreme weather events through the implementation of a LID-BMPs system. The methodology integrates a territorial analysis procedure, carried out in GIS environment, with the optimization model proposed by De Paola et al. (2018) for the management of urban drainage systems. The methodology was applied to the case study of an urban catchment in Soccavo District, in the Municipality of Naples.

The novelty of the proposed approach to LID-BMPs designs in urban drainage systems is given by the integration between territorial data GIS processing with the interface between the Harmony Search meta-heuristic optimization model and the EPA SWMM5.1 hydraulic solver.

The territorial analysis phase was automated in GIS environment through the creation of an in-house routine for the calculation of the input data of hydraulic simulation and solution optimization.

The methodology can be thus intended as a Decision Support System (DSS) for a multi-target design of urban regeneration projects, devoted to the optimal management of water systems. By fixing, as a constraint, the budget available for the intervention, the optimal sizing of area to be converted into LID-BMPs can ensure the flooded volumes minimization. Conversely, by setting the required reduction of flooded volumes, the related minimum budget is estimated.

In the described case study, the territorial analysis supported the choice the of bio-retention systems, porous pavements and green roofs, coupled with stormwater detention tanks, essential to achieve the decrease of flowing rate within the drainage system.

With regard to the implemented case study, the comparison between the Baseline scenario and the Design scenario shows how the proposed methodology ensures the identification of the optimal set of LID-BMPs, able to achieve relevant environmen-

| Bacino | T = 5 anni | | | | T = 20 anni | | | | T = 50 anni | | | |
|--|------------|-----|-------|-----|-------------|-----|-------|-----|-------------|-----|-------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Sistemi di bioritenzione [m ²] | 0 | 0 | 440 | 470 | 0 | 0 | 296 | 350 | 0 | 0 | 172 | 214 |
| Tetti Verdi [m ²] | 0 | 0 | 238 | 0 | 0 | 0 | 389 | 0 | 0 | 0 | 569 | 0 |
| Pavimentazioni permeabili [m ²] | 411 | 667 | 629 | 344 | 452 | 305 | 834 | 289 | 484 | 346 | 2.491 | 1.419 |
| Vasche volano [m ³] | 146 | 0 | 3.272 | 0 | 385 | 0 | 5.128 | 0 | 491 | 0 | 6.655 | 0 |

Tab. 4 - Risultati del DSS per tutti i periodi di ritorno esaminati / *Design support system results for the examined return periods, of each sub-catchments* (Source: Authors' elaboration).

tal benefits economical and urban efficiency and to enhance territorial resilience of extreme meteorological events, in compliance with peculiar urban features.

1.4 STRATEGIC PROGRAM AND PILOT PROJECTS FOR CLIMATE ADAPTATION. THE ECOLOGICAL TRANSITION OF SOCCAVALO DISTRICT IN WEST NAPLES*

1.4.1 Thematic framework

The foreshadowing of ecological transition models for cities in climate change conditions requires climate adaptation design at District scale as an appropriate size of actions. Climate adaptation strategies are a structural and long-term response (Caserini, 2017), to be implemented at a local scale. This size allows understanding climate impacts, the management of the complexity at the urban scale, and the results of the climate adaptation and mitigation strategies. An appropriate size of actions is necessary to make design feasible and effective in the medium and long term, facing the uncertainty related to climate change scenarios. The latter is linked to the poor capacity of the socio-economic system to predict the extent of future global emissions and the limits in the representation of environmental processes within climate models (SNACC, 2015).

Based on these methodological assumptions, the ecological transition of Soccavo is the goal of some experimental design, as a District in West Naples with a significant reduction of vulnerability through climate-proof strategies.

In West Naples, the experimentation focuses on the District of Soccavo because of its geomorphological structure with specific conditions of exposure to climate impacts. The hydrogeological asset of the area implies the flooding conditions caused by the path of rainwater from the Camaldoli hill towards the natural valleys at the base of the hill system.

The experimentation starts from the application of climate adaptation strategies whose effectiveness is tested through 3 pilot projects and an in-depth focus on the climate-oriented redevelopment of the open spaces of the Monte Sant'Angelo university campus.

1.4.2 Goals, strategies, and actions of intervention

The ecological transition of Soccavo to a climate-proof Eco-district asset is according to a sequence of goals to reduce vulnerability and translated into strategies and specific actions. This sequence starts from the definition of macro-goals for cli-

Search e il solutore idraulico EPA SWMM5.1.

La fase di analisi territoriale in ambiente GIS è stata automatizzata attraverso la creazione di una *routine* in grado di restituire come risultato i dati di *input* necessari per le successive fasi di simulazione idraulica e ottimizzazione delle soluzioni.

La metodologia può essere intesa come un Sistema di Supporto Decisionale (SSD) per una progettazione multi-obiettivo di interventi di rigenerazione urbana orientati alla gestione ottimale dei sistemi idrici. Stabilendo, quale vincolo, il budget disponibile per l'intervento, il dimensionamento delle superfici da destinare alle soluzioni LID-BMP scelte è tale da poter minimizzare i volumi idrici esondati. Viceversa, fissando la necessaria riduzione dei volumi esondati, la metodologia consente di stimare il budget minimo da investire per raggiungere l'obiettivo prefissato.

Nel caso studio proposto, dall'analisi del contesto urbano di interesse, sono state scelte quali applicazioni LID, le pavimentazioni porose, i sistemi di bioritenzione e i tetti verdi, combinati con vasche volano, utili alla laminazione delle portate al colmo di piena a valori compatibili con la capacità di convogliamento del sistema di drenaggio esistente.

Con riferimento al caso di studio implementato, dal confronto tra gli scenari pre e post intervento, si osserva la capacità della metodologia proposta di individuare le LID-BMP in grado di assicurare significativi benefici ambientali, economici e urbanistici, accrescendo la capacità resiliente del territorio a eventi meteorici estremi, compatibilmente con le peculiarità del tessuto urbano di interesse.

1.4 PROGRAMMA STRATEGICO E PROGETTI DIMOSTRATORI PER L'ADATTAMENTO CLIMATICO. LA TRANSIZIONE ECOLOGICA DEL DISTRETTO DI SOCCAVALO A NAPOLI OVEST*

1.4.1 Inquadramento tematico

La prefigurazione di modelli di transizione ecologica delle città in regime di cambiamento climatico presuppone l'agire attraverso progetti urbani di adattamento climatico alla scala distrettuale come dimensione appropriata di intervento. Le strategie di adattamento climatico si configurano come risposta strutturale e di lungo termine (Caserini, 2017), da attuare a una scala locale controllabile. Tale dimensione permette con un adeguato livello di approfondimento la comprensione degli impatti climatici, la gestione della complessità che caratterizza la scala urbana e l'ottenimento di un riscontro a valle dell'applicazione di strategie e azioni di adattamento e mitigazione climatica. L'individuazione di una dimensione appropriata di intervento muove dalla necessità di rendere le trasformazioni fattibili ed efficaci nel medio e lungo termine, confrontandosi con l'incertezza relativa alle proiezioni dei cambiamenti climatici. Quest'ultima è legata alla scarsa capacità di prevedere la portata delle emissioni globali future da parte del sistema socio-economico e ai limiti nella rappresentazione dei processi ambientali all'interno dei modelli climatici (SNACC, 2015).

Sulla base di tali presupposti metodologici la transizione in chiave ecologica di Soccavo è oggetto di sperimentazione progettuale, come Distretto all'interno dell'area di Napoli ovest suscettibile di una sensibile riduzione della vulnerabilità

* *Text by Federica Dell'Acqua*

* *Testo di Federica Dell'Acqua.*

attraverso strategie *climate-proof*.

All'interno di Napoli ovest la sperimentazione verte sul Distretto di Soccavo per il suo assetto geomorfologico che configura specifiche condizioni di esposizione agli impatti climatici. Le caratteristiche idrogeologiche dell'area determinano le condizioni di allagamento causate dal percorso delle acque meteoriche in discesa dalla collina dei Camaldoli verso i valloni naturali posti alla base del sistema collinare.

La sperimentazione muove dall'applicazione di strategie di adattamento climatico la cui efficacia viene testata attraverso 3 progetti dimostratori e un *focus* di approfondimento sulla riqualificazione in chiave *climate-oriented* degli spazi aperti del complesso universitario di Monte Sant'Angelo.

1.4.2 Obiettivi, strategie e azioni di intervento

La transizione ecologica di Soccavo verso una configurazione di Eco-distretto a prova di clima è strutturata in base a una sequenza di obiettivi di riduzione della vulnerabilità alla scala distrettuale tradotti in strategie e specifiche azioni di intervento. Tale sequenza muove dalla definizione di macro-obiettivi di adattamento e mitigazione climatica rivolti alla riduzione delle emissioni di *GHG- Green House Gases*, all'assorbimento delle emissioni di CO₂ attraverso interventi di *greening* urbano, alla riduzione del fabbisogno energetico, all'introduzione di fonti energetiche rinnovabili e al miglioramento del piccolo ciclo dell'acqua, indirizzando le strategie e le azioni messe in campo per gli interventi *climate-proof*. L'introduzione della green infrastructure di viale Traiano viene strategicamente finalizzata al raggiungimento di tali obiettivi come rete di aree verdi in grado di fornire servizi ecosistemici funzionali alla mitigazione e all'adattamento climatico.

Le strategie di mitigazione e adattamento climatico vengono attuate mediante l'applicazione di categorie di opere individuate in base ai criteri di sostenibilità ambientale, sociale ed economica, possibilità di essere applicate su larga scala ed efficacia. Le azioni consistono in interventi di *greening* urbano, nell'introduzione di materiali *cool* per i trattamenti superficiali, nella de-impermeabilizzazione delle superfici sigillate e nell'introduzione di sistemi di gestione sostenibile delle acque meteoriche.

1.4.3 Il programma strategico per l'Eco-distretto di Soccavo

L'individuazione delle potenzialità e delle criticità ambientali e sociali del Distretto è esito delle analisi funzionali-spaziali e ambientali, sulla cui base sono individuati 4 macro-obiettivi di progetto, definiti da 4 livelli di azione strategica *Green, Grey, Red e Blu*. Su di essi si struttura un programma strategico finalizzato alla transizione di Soccavo verso una condizione di Eco-distretto *climate proof*.

All'interno del programma il livello *Green* consiste nel potenziamento della rete verde, già parte consistente del capitale naturale del territorio, attraverso un sistema di parchi integrati connessi da una *greenway*. Il livello *Grey*, rappresentato dal sistema dei tracciati e delle infrastrutture, stabilisce l'introduzione di sistemi di mobilità sostenibile e il potenziamento delle reti esistenti tramite nodi di interscambio modale. Il livello *Red*, stabilisce la riqualificazione e la densificazione dello *stock* edilizio. Il livello *Blu* dispone azioni di *sustainable water management*. Le strategie del programma corrispondono ad azioni progettuali quali la conversione di aree verdi di risulta in micro-parchi alla scala di quartiere, il *greening* dei tracciati di collegamento tra le aree verdi, l'adeguamento energetico dell'edilizia specialistica, l'introduzione della mobilità sostenibile e l'inserimento di sistemi di

climate adaptation and mitigation aimed at reducing GHG-Green House Gases emissions, absorption of CO2 emissions through greening, reduction of energy needs, the introduction of renewable energy sources and improvement of the small water cycle, addressing the strategies and actions for climate-proof interventions.

The introduction of the green infrastructure of Viale Traiano aims to a green areas network, able to provide ecosystem services for climate mitigation and adaptation.

Climate mitigation and adaptation strategies are implemented through the application of categories of intervention according to the criteria of environmental, social, and economic sustainability, the possibility to be applied on a large scale, and effectiveness. The actions are urban greening interventions, the introduction of cool materials for surface treatments, un-sealing surfaces, and the introduction of sustainable rainwater management systems.

1.4.3 The strategic program for Soccavo Eco-district

The identification of the District's environmental and social potential and critical issues is the result of functional-spatial and environmental analyses. 4 macro-goals of the project are identified, defined by 4 levels of strategic action Green, Grey, Red, and Blue. On these, a strategic program is structured for the transition of Soccavo towards an Eco-district climate-proof condition.

Within the program, the Green level consists of the strengthening of the green network, already a substantial part of the natural capital of the area, through a system of parks connected by a greenway. The Grey level, as tracks and infrastructures, consist of the introduction of sustainable mobility systems and the implementation of existing networks through modal interchange nodes. The Red level establishes the renovation and of the building stock. The Blue level provides for sustainable water management actions. The strategies of the program correspond to project actions such as turning the green areas into micro-parks at the neighborhood scale, the greening of connection paths, the energy adaptation of specialist buildings, the introduction of sustainable mobility, and the inclusion of rainwater collection and infiltration systems.

1.4.4 Viale Traiano as green infrastructure at urban scale

The Green City Guidelines identify the key to the regeneration of urban and peri-urban contexts as guaranteeing an adequate supply of green infrastructure (Green City Network, 2018).

Soccavo stands out for the presence of big natural capital, for an orographic condition that enhances the hill system, and for the number of green areas, some of which are agricultur-

al. These elements differ in terms of extension, shape, consistency, and position within the District, punctual, fragmented, and linear elements (Viale Traiano) or particularly extensive areas (the Camaldoli park), in a similar way to the founding elements recognized in the literature for green infrastructure. The ecological transition of the District towards climate-proof structures uses the green heritage of the District and the open space system as a starting point for the application of strategies to reduce urban vulnerability.

The term Green Infrastructure refers to «interconnected systems of natural areas and other open spaces that are protected and managed for the ecological benefits they provide to people and the environment» (Benedict & Mc Mahon, 2000, p.

raccolta e infiltrazione delle acque meteoriche.

1.4.4 Il viale Traiano come green infrastructure alla scala urbana

Con riferimento alla tutela e valorizzazione del capitale naturale, le *Linee guida per le Green city* individuano nel garantire un'adeguata dotazione di infrastrutture verdi la chiave per la rigenerazione dei contesti urbani e periurbani (Green City Network, 2018). Soccavo si distingue per la presenza di un consistente capitale naturale, per una condizione orografica che mette in valore il sistema dei valloni e per una significativa quota verde in parte a vocazione agricola. Tali elementi differiscono per estensione, forma, consistenza e posizione all'interno del Distretto, presentandosi sotto forma di elementi puntuali e frammentati, lineari (il viale Traiano) o areali particolarmente estesi (il parco dei Camaldoli), in maniera analoga agli elementi fondativi riconosciuti in letteratura alle *green infrastructure*.

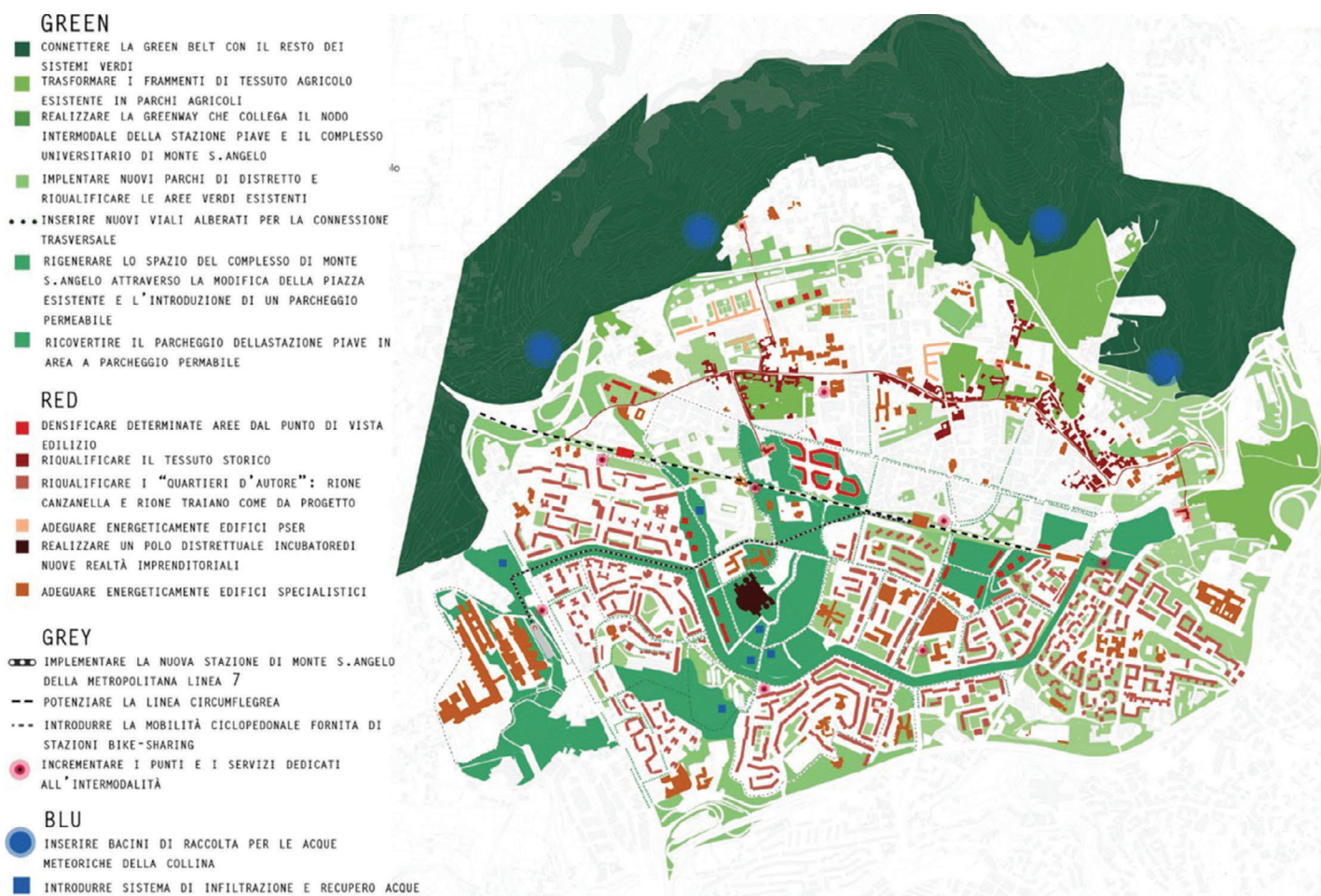


Fig. 25 - Programma strategico per l'Eco-distretto urbano di Soccavo / *Strategic program for the Urban Eco-district of Soccavo* (Source: Elaboration by Simona Mascolino, 2019, Master's Degree thesis "L'ecodistretto urbano: indirizzi progettuali per l'adattamento climatico", supervisor Prof. Mario Losasso).

La transizione ecologica del Distretto verso assetti a prova di clima si avvale del patrimonio di verde del quartiere e del sistema degli spazi aperti come punto di partenza per l'applicazione di strategie di riduzione della vulnerabilità urbana.

Il termine *Green Infrastructure* fa riferimento a «interconnected systems of natural areas and other open spaces that are protected and managed for the ecological benefits they provide to people and the environment» (Benedict & Mc Mahon, 2000, p. 7), sottolineando la natura sistemica di tali infrastrutture e la diretta connessione con il concetto di beneficio ecologico e di servizio ecosistemico che esse sono in grado di erogare.

Individuati all'interno di Soccavo i valori ambientali emersi dalle carte tematiche e sulla base dei quattro elementi fondativi delle green infrastructure, quali *core areas*, *buffer zone*, *link* e *hub*, si è scelto di connettere la *green belt* dei Camaldoli con la rete verde del Distretto, convertire le aree agricole frammentarie in parchi agricoli, introdurre una *green way* di connessione tra i poli di interesse del Distretto individuati nel *campus* Monte Sant'Angelo e nella stazione Piave e trasformare le aree verdi in parchi di quartiere rievocatori della memoria ambientale rappresentata dal sistema di alvei e valloni.

1.4.5 Masterplan dell'area di intervento e progetti dimostratori alla scala di comparto

I contenuti del programma strategico trovano traduzione in termini metaprogettuali nel *masterplan* e nelle relative soluzioni successivamente approfondite alla scala di progetto dimostratore. Allo scopo di gestire la complessità, si ricorre alla capacità della metaprogettazione di tener conto «di obiettivi e soprattutto di strategie progettuali complesse, che cioè includono e integrano aspetti fra essi complementari finalizzati anche a obiettivi di incremento della resilienza» (Losasso, 2017, p.165).

Il *masterplan* mette in relazione 3 poli di interesse del Distretto, individuati nel complesso universitario di Monte Sant'Angelo, nel Polifunzionale e nel Parco della stazione circumflegrea di Piave, messi a sistema attraverso la riqualificazione in chiave ambientale dell'asse di viale Traiano.

La verifica dell'efficacia delle strategie *climate proof* messe in campo è possibile a valle di approfondimenti di tipo *downscaling* sviluppati come *focus* progettuali alla scala di comparto sui tre poli di interesse. I 3 progetti pertanto diventano dimostratori dell'efficacia delle azioni contenute nel programma strategico e oggetto di verifica post intervento.

Il progetto del viale Traiano e del parco Salvatore Costantino si relaziona con l'orografia del luogo - l'andamento dei valloni naturali - integrando un sistema di infiltrazione delle acque meteoriche articolato in *rain garden* e piazze d'acqua.

Il viale viene riqualificato definendo un nuovo assetto delle corsie stradali, piantumando alberature, introducendo percorsi ciclopeditoni e inserendo una rete di servizi allocati all'interno di un sistema di *folies*. La riqualificazione dei tracciati di secondo ordine consente la riconnessione trasversale del viale Traiano con il tessuto costruito circostante, permettendo l'attraversabilità del Distretto in nord-sud.

La riqualificazione del Polifunzionale di viale Traiano si configura come intervento di ricucitura dell'edificio con il contesto. L'inserimento di una piastra ripristina l'accessibilità, valorizza l'ingresso all'edificio e articola la relazione con gli spazi aperti riqualificati attraverso operazioni di *greening* e introduzione di sistemi di *sustainable water management*. La riqualificazione dello spazio aperto riprende

7), *underlining the systemic nature of these infrastructures and the direct connection with the concept of ecological benefit and ecosystem service they provide.*

Once identified the environmental values of Soccavo from thematic maps and 4 basic elements of green infrastructure such as core areas, buffer zones, links and hubs, it was decided to connect the Camaldoli green belt with the green network of the District, convert the fragmented agricultural areas into agricultural parks, introduce a green way of connection between the poles of interest in the District identified in the Monte Sant'Angelo campus and the Piave station and transform the green areas into District parks that evoke the environmental memory represented by the system of riverbeds and valleys.

1.4.5 Master plan and pilot projects at sub-district scale

The strategic program is translated in meta-project terms in the master plan and related solutions, which are further developed at the pilot project scale. To manage complexity, the capacity of meta-design is used to take into account «complex objectives and above all complex design strategies, i.e. including and integrating complementary aspects also aimed at increasing resilience» (Losasso, 2017, p. 165).

The master plan links 3 poles of interest of the District: the university campus of Monte Sant'Angelo, the Polifunzionale, and the park of the Piave Station. The 3 poles are connected by the environmental renovation of Viale Traiano.

After a downscaling studies developed as a design focus on the three poles of interest, it has been possible The evaluation the effectiveness of climate-proof strategies. The 3 projects, therefore, become a demonstration of the effectiveness of the actions of the strategic program.

The project of Viale Traiano and the Salvatore Costantino park relates to the orography of the place - the trend of the natural valleys - integrating a rainwater infiltration system of rain gardens and water squares. The avenue is redeveloped by defining a new layout of the road lanes, planting trees, introducing pedestrian and cycle paths, and a network of services with a system of folies. The redevelopment of the second-order tracks allows the transversal reconnection of Viale Traiano with the surrounding built fabric, making it possible to cross the District in the North-South.

The redevelopment of the Polifunzionale connects again the building with the context. A plate allows accessibility, enhances the entrance to the building, and articulates the relationship with the open spaces by greening and sustainable water management systems. The redevelopment of the open space to the theme of the valley in compliance with the projects of Marcello Canino, giving a climate-proof function flooding risk with a bio

basin for rainwater storage.

The goal of Monte Sant'Angelo pilot project is the redevelopment of the open spaces of the campus and the design of a parking area. In the project, pursuing the 2019 U7+ Presidential Declaration climate adaptation and mitigation goals, the technical solutions for sustainable water management, unsealing of surfaces of parking and energy production systems from renewable sources are applied. The redevelopment of the open spaces included the forecourt in front of the main campus building as a space for relations and aggregation for users of the University and the new underground station, designed by Anish Kapoor. Inside the car park, the covered pedestrian walkway is directed towards the Regional Metropolitan Park of the Hills of Naples, and the subject of a specific greening intervention, opens a visual perspective towards the hill.

In the focus of the Piave station, a public park has been planned as an element of the green infrastructure that can be covered through a cycle/pedestrian system with the possibility of interchange with the railway.

For each pilot project, technical-spatial solutions have been identified according to the character, function, climate mitigation goals, and the degree of transformability of the area.

1.4.6 Technical-spatial solutions for climate adaptation of open spaces to flooding and heatwave

Flooding and runoff phenomena lead to alterations in water regimes, defined as urban stream syndrome (LID, 2010), i.e. environmental structures in urban contexts marked by cyclical and frequent flooding, alteration of flows with high levels of contaminants, excessive sedimentation, loss of species diversity and higher water temperatures.

In the perspective of an ecological transition of Soccavo, the pilot projects represent a way to experiment with the application of nature-based (NBS) solutions as technical – spatial solutions.

The prevalence of interventions on open spaces, the decision to turn Viale Traiano into green infrastructure, and the application of the ecosystem values of the District addresses design choices towards a set of technical-spatial solutions with a high degree of naturalness but at the same time able to be integrated within existing grey infrastructure systems, such as wastewater disposal plants.

From this point of view, the design focus on the rest area of the Monte Sant'Angelo university campus represents an experiment to apply site-specific greening solutions. These are aimed at transforming the area into a system for absorbing and slowing down rainwater by exploiting the slopes of the area. The use of permeable driveway paving, rainwater channeling systems,

il tema del vallone nel rispetto dei progetti di Marcello Canino, attribuendo una funzione di contrasto al rischio *flooding* attraverso l'introduzione di un biobacino deputato alla raccolta e all'archiviazione delle acque meteoriche.

Il progetto dimostratore sull'area di Monte Sant'Angelo ha per oggetto la riqualificazione degli spazi aperti del *campus* e la progettazione di un'area di sosta. Nel progetto, perseguendo gli obiettivi di adattamento e di mitigazione climatica del 2019 U7+ Presidential Declaration, sono applicate soluzioni tecniche di *sustainable water management*, di de-impermeabilizzazione delle superfici degli stalli e sistemi di produzione energetica da fonte rinnovabile. La riqualificazione degli spazi aperti ha incluso il piazzale antistante l'edificio principale del *campus* come spazio di relazione e di aggregazione per gli utenti dell'Università e della nuova fermata della metropolitana, quest'ultima su progetto di Anish Kapoor. Particolare rilevanza viene conferita all'interno del parcheggio al camminamento pedonale coperto che, direzionato verso il Parco Regionale Metropolitan delle Colline di Napoli e oggetto di un specifico intervento di *greening*, apre una prospettiva visuale verso la collina.

Nel focus della stazione di Piave è stato previsto un parco pubblico come elemento della *green infrastructure* percorribile attraverso un sistema ciclopedonale con possibilità di interscambio rispetto alla mobilità su ferro.

Per ciascun progetto dimostratore sono state individuate delle alternative tecnico-spaziali adeguate al carattere, alla funzione, agli obiettivi di mitigazione climatica prefissati e al grado di trasformabilità dell'area scelta come *focus*.

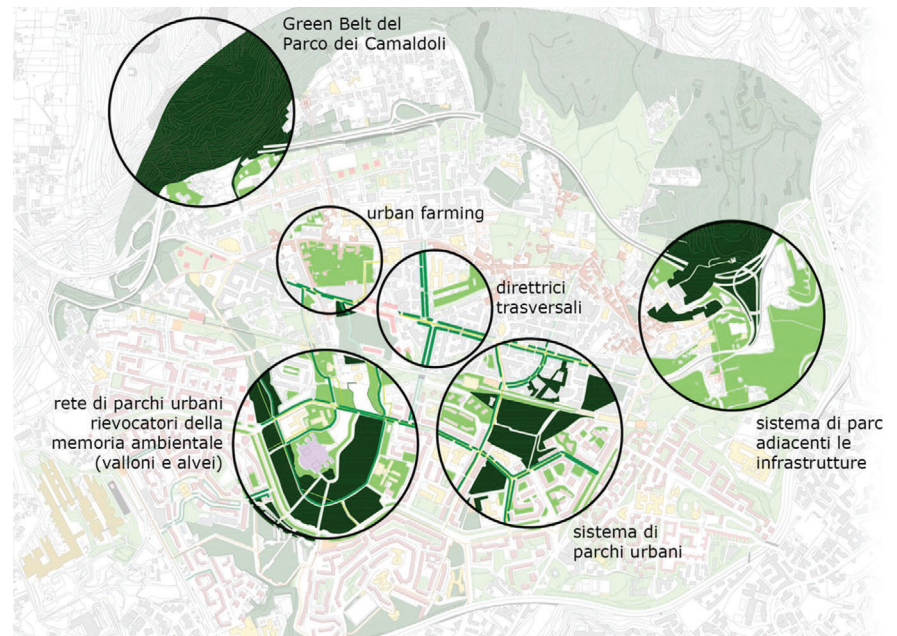


Fig. 26 - Soccavo, progetto di *green infrastructure* / Soccavo, *green infrastructure project* (Source: Elaboration by Simona Mascolino, 2019, Master's Degree thesis "L'ecodistretto urbano: indirizzi progettuali per l'adattamento climatico", supervisor Prof. Mario Losasso).

1.4.6 Soluzioni tecnico-spaziali per l'adattamento climatico degli spazi aperti al pluvial flooding e all'heat wave

I fenomeni di flooding e runoff determinano alterazioni dei regimi idrici definiti come *urban stream syndrom* (LID, 2010), ovvero assetti ambientali in contesti urbani segnati da inondazioni cicliche e frequenti, alterazione dei flussi elevati livelli agenti contaminanti, eccessiva sedimentazione, perdita di diversità delle specie e temperature dell'acqua più elevate.

Nella prospettiva di una transizione ecologica del Distretto in esame, i progetti dimostratori rappresentano luogo di sperimentazione dell'applicazione di soluzioni tecnico - spaziali di tipo *nature-based* (NBS). La prevalenza degli interventi sugli spazi aperti, la scelta di operare una conversione del viale Traiano da asse stradale a infrastruttura verde e la messa in campo dei valori ecosistemici del Distretto direzionano le scelte di progetto verso un *set* di soluzioni tecnico-spaziali ad alto grado di naturalità ma al contempo integrabili all'interno dei sistemi infrastrutturali *grey* preesistenti, quali gli impianti di smaltimento delle acque reflue.

Da questo punto di vista il *focus* progettuale sull'area di sosta del *campus* universitario di Monte Sant'Angelo rappresenta un approfondimento sperimentale teso all'introduzione di soluzioni di *greening* di tipo *site-specific*. Queste sono volte a trasformare l'area in un sistema di assorbimento e rallentamento delle acque meteoriche sfruttando le pendenze dell'area. L'utilizzo di pavimentazioni carrabili drenanti, di sistemi di canalizzazione delle acque piovane, di stalli inerbiti e di trincee

grassy stalls, and vegetated trenches dividing the parking areas depict the translation in technical terms of the flooding proof strategies. The choice of cool pavements with a high albedo index help to mitigating the effects of the heatwave and increasing outdoor comfort.

The sustainable mobility system through the upgrading of the new metro station and the introduction of a cycle path inside the campus, the reduction of road transport and the planting of 300 trees help to the CO₂ emissions reducing into the atmosphere, according to 2019 U7+ Presidential Declaration climate mitigation goals.

The selection of tree species, carried out with a multidisciplinary approach thanks to the support of the Department of Agriculture of Federico II, has allowed a site-specific application of greening solutions aimed at outdoor comfort for users by increasing shading, contrasting the impacts related to heat waves, maximizing the benefits of GHGs absorption, reducing maintenance costs and giving new quality factors.

Most important is the experiment on the stairs, renovated as rainwater collective system and vertical greening with photovoltaic panels. The experiment on the building scale makes



Fig. 27 - Soccavo, *masterplan* di progetto / *Soccavo, project master plan* (Source: Elaboration by Simona Cuccurese and Francesca De Luca, 2019, Master's Degree thesis "Strategie per l'adattamento ambientale e riqualificazione edilizia e urbana nel Rione Traiano. Interventi sugli spazi aperti e sull'edificio Polifunzionale", supervisor Prof. Mario Losasso).

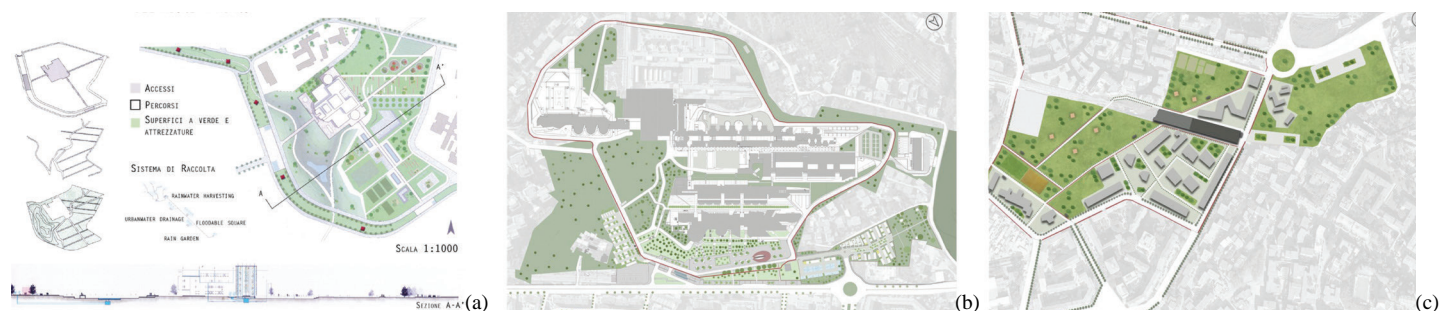


Fig. 28 - Soccavo, progetti dimostratori alla scala di comparto / *Soccavo, demonstrator projects at the scale of the sector* (Source: Elaboration by (a) Simona Cuccurese & Francesca De Luca, 2019, Master's Degree thesis "Strategie per l'adattamento ambientale e riqualificazione edilizia e urbana nel Rione Traiano. Interventi sugli spazi aperti e sull'edificio Polifunzionale", supervisor Prof. Mario Losasso; (b-c) Denise Di Mauro & Sara De Rogatis, 2019, Master's Degree thesis "Infrastrutture verdi per distretti climate proof. Il caso di Soccavo", supervisor Prof. Mario Losasso).

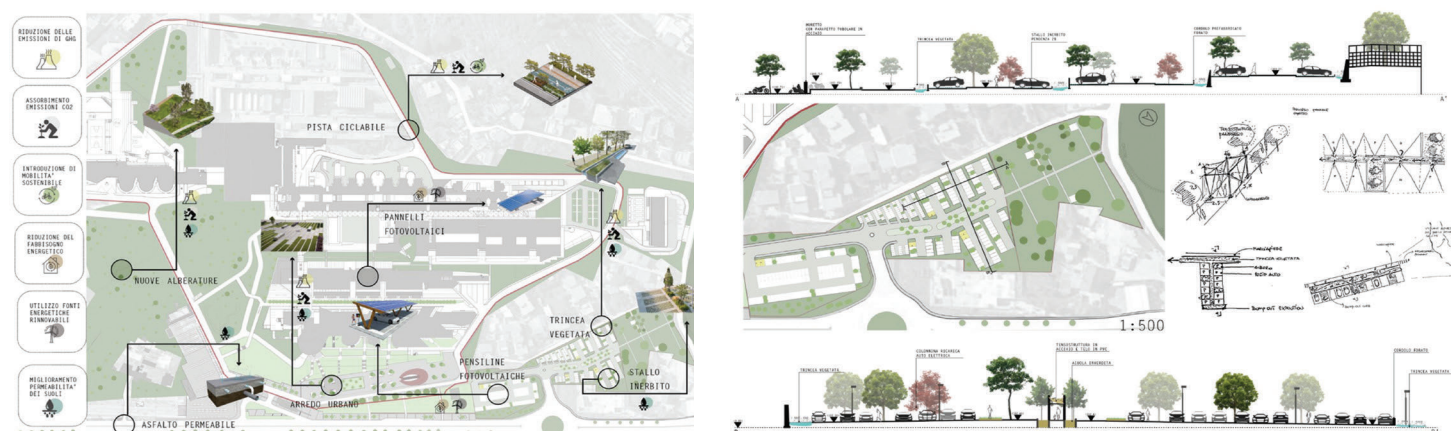


Fig. 29 - *Campus Universitario di Monte Sant'Angelo, interventi tecnologico-ambientali e nature-based solutions / University Campus of Monte Sant'Angelo, technological-environmental interventions and nature-based solutions* (Source: Elaboration by Denise Di Mauro & Sara De Rogatis, 2019, Master's Degree thesis "Infrastrutture verdi per distretti climate proof. Il caso di Soccavo", supervisor Prof. Mario Losasso).

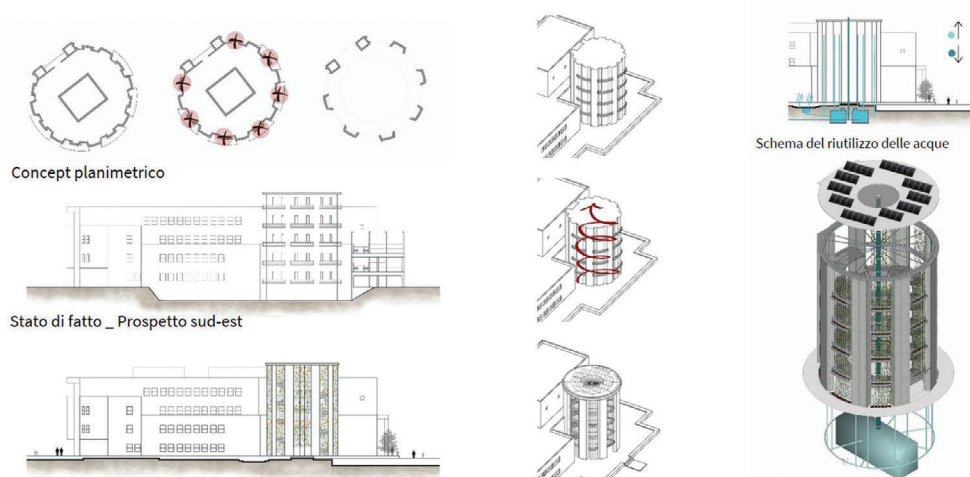


Fig. 30 - Soccavo, edificio Polifunzionale, dettaglio del blocco scala *green* / *Soccavo, Multipurpose building, detail of the green staircase block* (Source: Elaboration by Simona Cuccurese & Francesca De Luca, 2019, Master's Degree thesis "Strategie per l'adattamento ambientale e riqualificazione edilizia e urbana nel Rione Traiano. Interventi sugli spazi aperti e sull'edificio Polifunzionale", supervisor Prof. Mario Losasso).

vegetate a divisione dei settori adibiti alla sosta rappresenta la traduzione in termini tecnici delle strategie *flooding proof* applicate nel *campus*. La scelta di pavimentazioni *cool* ad alto indice di albedo per gli spazi aperti contribuisce alla mitigazione degli effetti legati all'ondata di calore e all'aumento del *comfort outdoor*.

La realizzazione di un sistema di mobilità sostenibile attraverso il potenziamento dei percorsi su ferro tramite la nuova fermata della linea 7 della metropolitana e l'introduzione di una pista ciclabile all'interno del *campus*, la riduzione del trasporto su gomma e la piantumazione di 300 alberature concorrono alla diminuzione delle emissioni di CO₂ in atmosfera in aderenza agli obiettivi di mitigazione climatica del 2019 U7+ *Presidential Declaration*.

La selezione delle specie arboree, avvenuta con un approccio multidisciplinare grazie al supporto del Dipartimento di Agraria della Federico II, ha permesso un'applicazione *site-specific* delle soluzioni di *greening* finalizzate al *comfort outdoor* per gli utenti tramite l'aumento dell'ombreggiamento, al contrasto degli impatti legati alle ondate di calore, alla massimizzazione dei benefici di assorbimento dei GHGs, al contenimento dei costi di manutenzione e alla messa in campo di fattori di qualità percettiva.

Nel progetto dimostratore del Polifunzionale particolare rilievo assume la sperimentazione sui corpi scala, convertiti in sistemi di recupero delle acque meteoriche e di *greening* verticale dotati di pannelli fotovoltaici per la produzione di energia da fonte rinnovabile. La sperimentazione alla scala di edificio permette di rendere visibili i risultati dell'applicazione della soluzione NBS, accentuare il carattere dimostrativo del progetto e potenzialmente di disporre di risultati monitorabili nel tempo.

1.4.7 Sistemi di indicatori per la valutazione dell'efficacia degli interventi e procedure di simulazione per l'adattamento climatico

La definizione a priori di un sistema di indicatori in grado di descrivere l'andamento dei fenomeni considerati critici per il Distretto, quali *urban heat wave* UHW e *pluvial flooding*, permette la valutazione dell'efficacia degli interventi. Relativamente a Soccavo gli indicatori fissati sono l'albedo, la permeabilità, il *runoff* e l'NDVI¹. Il confronto tra i valori degli indicatori precedenti e successivi agli interventi evidenzia una riduzione dell'albedo, un incremento del NDVI e una riduzione del *runoff*.

Tale confronto è stato effettuato alla scala di *masterplan* e separatamente dei 3 progetti dimostratori, nella previsione che in una logica di sostenibilità e fattibilità degli interventi, un progetto alla scala distrettuale venga essere realizzato in maniera graduale nel tempo con un approccio di tipo *progressive upgrade*.

Particolare attenzione è rivolta alla valutazione dell'efficacia degli interventi di *greening* e di adattamento climatico all'*urban heat wave*, attraverso procedure simulate condotte con i *software* Envi-MET e i-Tree Planting.

Il primo ha permesso di verificare l'efficacia delle superfici *cool* inserite nel progetto modellando tre quadranti significativi del Complesso Universitario allo stato di fatto e post- intervento e simulando le condizioni al 2020 e al 2050. I risul-

1 L'albedo indica il potere riflettente di una superficie. La permeabilità dei suoli è legata alla composizione del suolo e del sottosuolo. Il *runoff* rappresenta il ruscellamento delle acque meteoriche e l'NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) descrive il livello di vigoria della coltura. Ciascun indicatore è espresso sotto forma di *range* (albedo da 0 a 1, NDVI da -1 a 1 e *runoff* da 0 a 1).

visible the results of the application of the NBS solution, to have results that can be monitored over time.

1.4.7 Systems of indicators for evaluating the effectiveness of interventions and simulation procedures for climate adaptation

A set of indicators to describe the trend of such as urban heat-wave (UHW) and pluvial flooding, allows the evaluation of the effectiveness of the project. Regarding Soccavo, the indicators are albedo, permeability, runoff and NDVI¹. The comparison between the values of the indicators before and after the interventions shows a reduction in albedo, an increase in NDVI, and a reduction in runoff.

This comparison was made at the master plan and pilot projects scale because, considering the sustainability and feasibility of the interventions, a project will be implemented gradually over time with a progressive upgrade approach.

The evaluation of the effectiveness of greening and climate adaptation interventions to UHW, is made by simulative procedures conducted with Envi-MET and i-Tree Planting software.

The former has made it possible to verify the effectiveness of the cool surfaces included in the project by modeling 3 meaningful squared areas of Monte Sant'Angelo before and after design, by simulating the conditions in 2020 and 2050. The results about surface temperature and albedo show that the technical solutions represent an improved response in terms of climate adaptation compared to the current state, both in 2020 and in the medium term.

Considering the strong weight given in the project to the NBS and the importance of the selection of tree species, particular attention was paid to i-Tree Planting, which allowed an estimate of the long-term environmental benefits of the planting project. Based on the planting parameters, such as species, trunk diameter, height, distance and cardinal position concerning the nearest building and, finally, condition of exposure of the tree to radiation, the analysis produced 4 types of data. They are about the benefits in terms of CO₂ sequestered, benefits in terms of energy saving, ecosystem services and benefits linked to air purification², demonstrating the quality of the project as positive environmental effects.

1 The albedo indicates the reflective power of a surface. The permeability of soils is linked to the composition of the soil and subsoil. The runoff represents the runoff of rainwater and the NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) describes the level of vigour of the crop. Each indicator is a range (albedo from 0 to 1, NDVI from -1 to 1 and runoff from 0 to 1).

2 Rated in terms of O₃ removed, NO_x, SO₂, VOC and PM2.5 avoided and removed.

1.4.8 Conclusions

The results of the experimentation, which emerged from the comparison of pre- and post-intervention indicators, show a significant increase in the District's environmental performance aimed at climate-proof response.

The methodology allows the development of a transition process that can be controlled at different scales through up and downscaling operations that provide different solutions, from the meta-project level to that of technical-spatial solutions from manuals. The multidisciplinary contribution represented by the expertise of the agricultural sector allows the application of NBS solutions consistent with the environmental specificities of the context.

The ecosystem-based approach relates the environmental values of the District, like the natural capital, to those of a valuable historical fabric represented by some valuable Districts.

The comparison between before and after the project at different scales agrees with up- and downscaling approach and allows the validity of the project choices to be verified. The simulation procedures at 2050 show the effectiveness of the interventions as the climate scenarios change in medium-short time. The methodology identifies intervention procedures potentially replicable in Urban Districts with similar morphological, environmental, technological and social structures. To reach urban vulnerability reduction goals is possible by defining local islands able to be a reserve of resilience for the entire city.

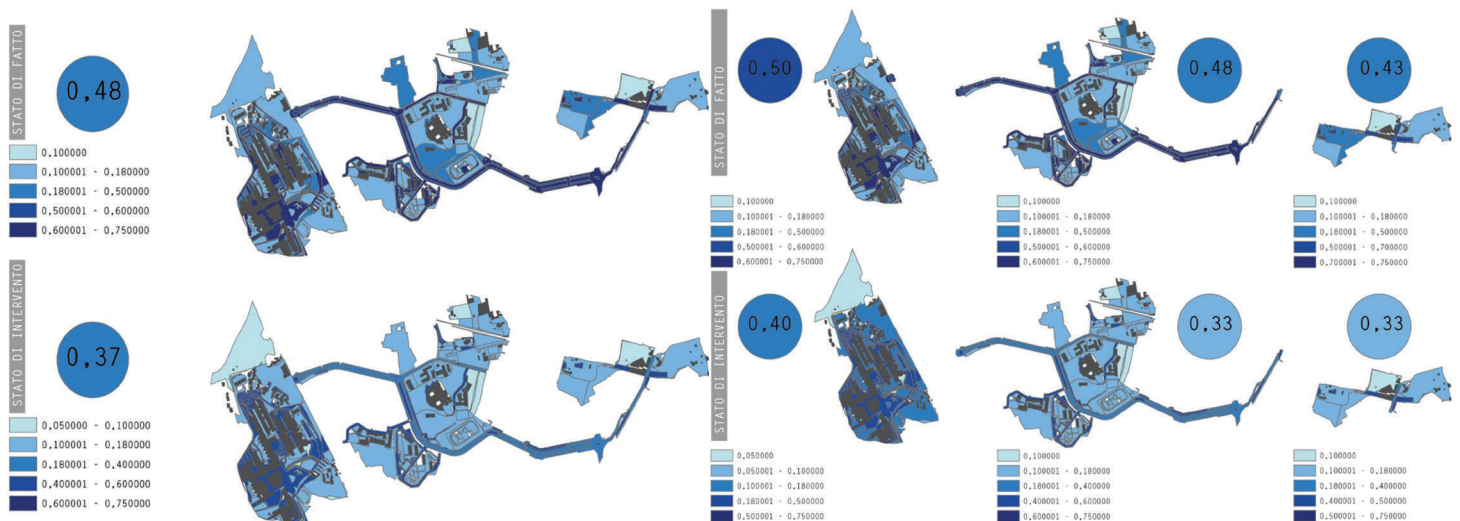


Fig. 31 - Confronto del runoff allo stato di fatto e post-intervento, alla scala di masterplan e di comparto/ Comparison of the runoff before and after design at master plan and focus scale (Source: Elaboration by Denise Di Mauro & Sara De Rogatis, 2019, Master's Degree thesis "Infrastrutture verdi per distretti climate proof. Il caso di Soccavo", supervisor Prof. Mario Losasso).

| | Indicatori stato di fatto | Indicatori post - intervento |
|--------|---------------------------|------------------------------|
| Albedo | 0,24 | 0,2 |
| NDVI | 0,49 | 0,56 |
| Runoff | 0,48 | 0,37 |

Tab. 5 - Confronto tra indicatori allo stato di fatto e post-intervento / Comparison of indicators at the status and post-intervention

tati relativi alla temperatura superficiale e all'albedo dimostrano che le soluzioni tecnico- spaziali adottate rappresentano una risposta in termini di adattamento climatico migliorativa rispetto allo stato di fatto, sia al 2020 che nel medio termine.

In considerazione del forte peso attribuito nel progetto all'applicazione di soluzioni NBS e della significatività della selezione delle specie arboree, particolare attenzione è stata rivolta alle verifiche tramite i-Tree Planting, che hanno permesso una stima dei benefici ambientali a lungo termine derivanti dal progetto di piantumazione. Sulla base dei parametri caratteristici delle piantumazioni, quali specie, diametro del tronco, altezza, distanza e posizione cardinale rispetto all'edificio più vicino e infine condizione di esposizione dell'albero all'irraggiamento, l'analisi ha prodotto quattro tipi di dati relativi ai benefici in termini di CO₂ sequestrata, benefici in termini di risparmio energetico, servizi ecosistemici e benefici legati alla purificazione dell'aria², dimostrativi della validità del progetto in termini di ricadute ambientali positive.

2 Valutata in termini di O₃ rimosso, NO₂, SO₂, VOC e PM2.5 evitato e rimosso.

1.4.8 Conclusioni

I risultati della sperimentazione, emersi dal confronto degli indicatori pre- e post intervento, dimostrano un incremento rilevante delle prestazioni ambientali del Distretto finalizzate alla risposta *climate proof* dell'area.

La metodologia permette la messa a punto di un processo di transizione controllabile alle diverse scale tramite operazioni di up e downscaling che prevedono soluzioni diversificate, dal livello metaprogettuale a quello delle soluzioni tecnico-spaziali di derivazione manualistica. Il contributo multidisciplinare rappresentato dalle competenze del settore dell'agricoltura consente un'applicazione delle soluzioni NBS coerente con le specificità ambientali del contesto.

L'approccio ecosistemico alla base delle scelte di progetto mette in tensione i valori ambientali insiti nel Distretto, costituiti dal capitale naturale, con quelli di un tessuto storico di pregio rappresentato dalla presenza di alcuni quartieri d'autore.

Il confronto tra lo stato precedente e successivo all'intervento sia alla scala di *masterplan* che di comparto aderisce all'approccio up e downscaling e permette la verifica della validità delle scelte di progetto. Le procedure di simulazione al 2050 consentano di accertare l'efficacia degli interventi al variare degli scenari climatici entro orizzonti temporali di medio-breve termine. La metodologia adottata individua procedure di intervento potenzialmente replicabili in Distretti urbani caratterizzati da assetti morfologici, ambientali, tecnologici e sociali analoghi, nella consapevolezza che raggiungere obiettivi di riduzione della vulnerabilità urbana è possibile definendo isole di ordine locale capaci di rappresentare una riserva di resilienza estensibile alla città.

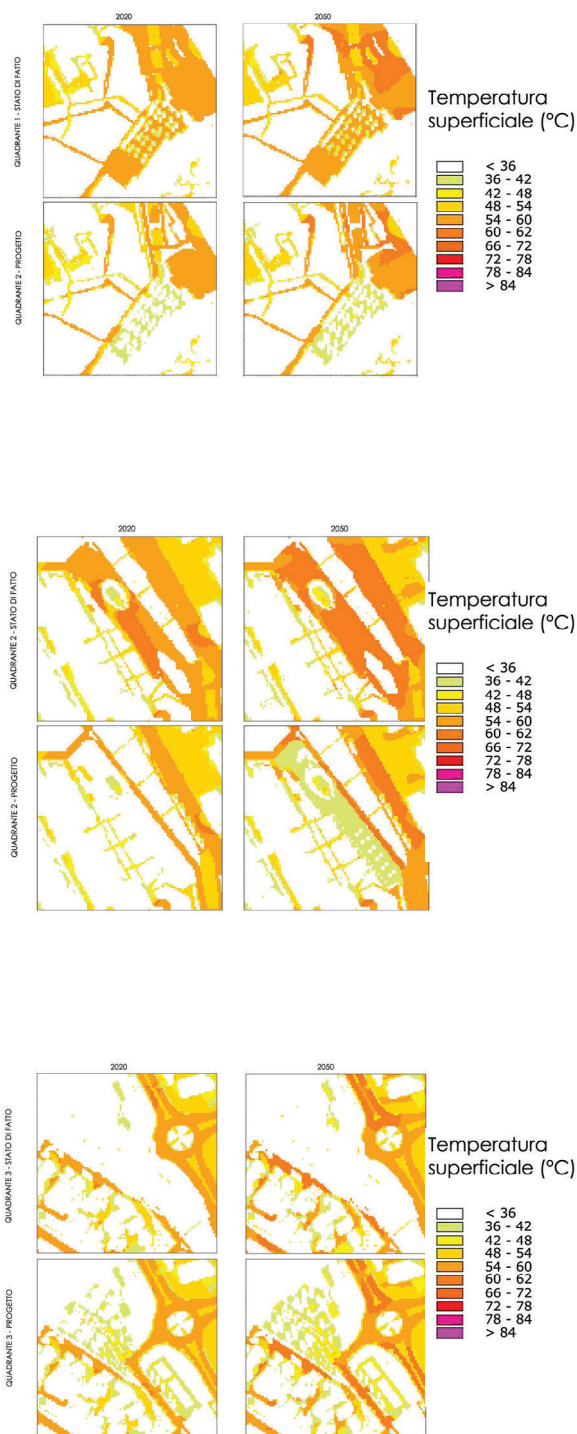
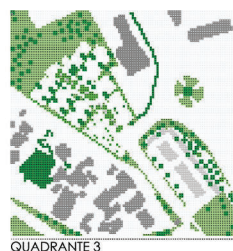
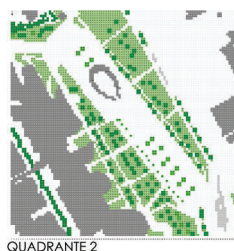
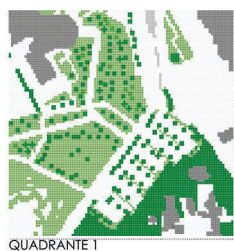
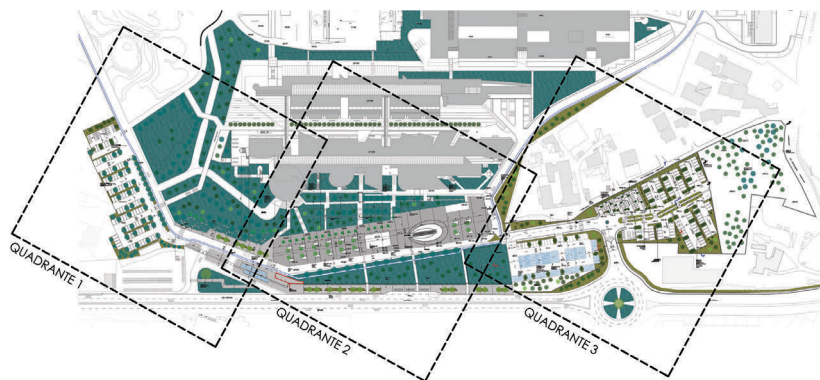


Fig. 32 - Riqualficazione degli spazi aperti a Monte Sant'Angelo. Verifica della temperatura superficiale tramite simulazioni Envi-MET / *Upgrading of open spaces in Monte Sant'Angelo. Surface temperature by Envi-MET simulations* (Source: Elaboration by Michele Lambiase, 2020).

References

- Apreda, C., D'Ambrosio, V. & Di Martino, F. (2019), "A climate vulnerability and impact assessment model for complex urban systems", *Environmental Science & Policy*.
- Benedict, M. & McMahon, E. (2002), *Green Infrastructure: Smart Conservation for the 21st Century*, Sprawl Watch Clearinghouse Monograph Series, Washington.
- Bisogni, S. & Renna, A. (1974), *Il disegno della città. Napoli*, Cooperativa editrice Economia e Commercio, Napoli.
- Carter, J.C., Cavan, G., Connelly, A., Guy, S., Handley, J. & Kazmierczak, A. (2015), "Climate change and the city: Building capacity for urban adaptation", *Progress in Planning*, n. 95, pp. 1-66.
- Caserini, S. (2016), "Gli scenari d'impatto", in Mezzi, P. & Pelizzaro, P. (eds), *La città resiliente*, Altraeconomia, Milano, pp. 16-29.
- Cook, E.W. (2002), "Landscape structure indices for assessing urban ecological networks", in *Landscape and Urban Planning*, vol. 58, pp. 269-280.
- Costanza, R. & Folk, C. (1997), "Valuing Ecosystem Services with efficiency, fairness and sustainability as goals", in Daily G.C. (ed), *Nature's Services: Societal Dependence on Natural Ecosystems*, Island Press, Washington, pp. 49-69.
- De Falco, C. (2018), *Case INA e luoghi urbani: storie dell'espansione occidentale di Napoli*, Clean, Napoli.
- De Paola, F., Giugni, M., Pugliese, F. & Romano, P. (2017), "A decision support system for urban stormwater drainage management", *Europ Water*, n. 57, pp. 115-121.
- De Paola, F., Giugni, M., Pugliese, F. & Romano, P. (2018), "Optimal design of LIDs in urban stormwater systems using a Harmony-Search Decision Support System", *Wat. Res. Man*, n. 32, pp. 4933-4951, available at: <https://doi.org/10.1007/s11269-018-2064-8>.
- Dietz, M.E. (2007), "Low impact development practices: a review of current research and recommendations for future directions", *Water Air Soil Pollut*, vol. 186 (1-4), pp. 351-363, available at: <https://doi.org/10.1007/s11270-007-9484-z>.
- Fletcher, T.D., Shuster, W., Hunt, W.F., Ashley, R., Butler, D., Arthur, S., Trowsdale, S., Barraud, S., Semadeni-Davies, A., Bertrand-Krajewski, J.L., Mikkelsen, P.S., Rivard, G., Uhl, M., Dagenais, D. & Viklander, M. (2015), "SUDS, LID, BMPs, WSUD and more - The evolution and application of terminology surrounding urban drainage", *Urban Water Journal*, n. 12 (3), pp. 525-542, available at <https://doi.org/10.1080/1573062X.2014.916314>.
- Geem, Z.W., Ki, J.H. & Loganathan, G.V. (2001), "A new heuristic optimization algorithm: Harmony Search", available at: <https://doi.org/10.1177/003754970107600201>.
- Green City Network (2018), *Linee guida per la green city*, available at: https://www.fondazionevilupposostenibile.org/wp-content/uploads/dlm_uploads/2018/09/Linee-Guida-per-le-Green-City_web.pdf.
- Huber, J. et alii (2010), *LID Low Impact Development: A Design Manual for Urban Areas*, University of Arkansas Press, Arkansas.
- Losasso, M. (2016), "L'apporto tecnologico e ambientale per la conoscenza dei distretti urbani / Technological and environmental aid for the knowledge of urban districts", in D'Ambrosio, V. & Leone, M.F. (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.
- Losasso, M. (2017), "Progettazione ambientale, rischi climatici, resilienza del costruito / Environmental design, climate risks, resilience of the built environment", in D'Ambrosio, V. & Leone, M.F. (eds), *Progettazione ambientale per l'adattamento al Climate Change. 2. Strumenti e indirizzi per la riduzione dei rischi climatici / Environmental Design for Climate Change adaptation. 2. Tools and Guidelines for Climate Risk Reduction*, Clean, Napoli.
- Magnaghi, A. (2000), *Il progetto locale. Verso la coscienza di luogo*, Bollati Boringhieri, Torino.
- Mercogliano, P., Rianna, G. & Zollo, N.C. (2017), "Scenari di cambiamento climatico su aree urbane: problematiche di downscaling / Climate change scenarios at urban scale: the downscaling issue", in D'Ambrosio V. & Leone M.F. (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.
- Millennium Ecosystem Assessment (2005), *Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*, Island Press, Washington.
- Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (2015), *SNACC Strategia Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici*, available at: http://www.pdc.minambiente.it/sites/default/files/allegati/strategia_nazionale_adattamenti_climatici.pdf.
- Rigillo, M. (2016), "Infrastrutture verdi e servizi eco-sistemici in area urbana: prospettive di ricerca per la progettazione ambientale", *Techne. Journal of Technology for Architecture and Environment*, vol. 11, pp. 59-65.
- Rossman, L.A. (2015), *Storm Water Management Model Users Manual Version 5.1*, Office of Research and Development, National Risk Management Research Laboratory.

- Špitalar, M., Gourley, J.J., Lutoff, C., Kirstetter, P.E., Brilly, M. & Carr, N. (2014), “Analysis of flash flood parameters and human impacts in the US from 2006–2012”, *J Hydrol.*, n. 519, pp. 863-870, available at: <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2014.07.004>.
- Symons, J., Jones, R.N., Young, C.K. & Rasmussen, B. (2015), *Assessing the Economic Value of Green Infrastructure: Literature Review*, Climate Change Working Paper n. 23, Victoria Institute of Strategic Economic Studies, Victoria University, Melbourne.
- Zhang G, Hmlett J.M., Reed P., Tang Y. (2013), “Multi-objective optimization of Low Impact Development designs in an urbanizing watershed”, *Open Journal of Optimization*, n. 2, pp. 95-108, available at: <https://doi.org/10.4236/ojop.2013.24013>.

Technical reports

- 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.
- EU COM/2013/0249 final, *Green Infrastructure (GI) - Enhancing Europe's Natural Capital, Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions*.
- EU Commission (2012), *The Multifunctionality of Green Infrastructure. Science for Environment Policy*, In-depth Reports, European Commission's Directorate - General Environment.
- EU Report (2013), *Building a green infrastructure for Europe*.
- EU SWD/2013/155 final (2013), *Technical information on Green Infrastructure (GI)*, Commission Staff Working Document.
- EU SWD/2019/184 final (2019), *Riesame dei progressi compiuti nell'attuazione della strategia dell'UE per le infrastrutture verdi*, Commission Staff Working Document.

Website

https://www.u7alliance.org/wpcontent/uploads/2019/07/U7_2019_FINAL_DECLARATION.pdf.



Milano, quadrante sud-est / Milan, South-East quadrant (Source: Authors' elaboration).

2. Conoscenza, strategie, progetti dimostratori per la qualità ambientale e l'adattamento climatico degli spazi pubblici aperti nel contesto urbano di Milano

Knowledge, Strategies, Demonstrative Projects for the Environmental Quality and Climate Adaptation of Public Outdoor Spaces in the Urban Context of Milan

Elena Mussinelli, Andrea Tartaglia, Raffaella Riva, Giovanni Castaldo, Davide Cerati
Politecnico di Milano

In coerenza con obiettivi, metodi e strumenti di ricerca condivisi dal coordinamento delle *Research Units* ed esplicitati nel programma, l'attività della *Research Unit* (RU) del Politecnico di Milano è stata così articolata:

- definizione del contesto territoriale alla scala della Subarea Milano sud-est e del Distretto Lodi-Corvetto;
- analisi delle caratteristiche morfo-tipologiche e ambientali del contesto, con riferimento alle componenti urbane dello spazio aperto pubblico e privato di uso pubblico, classificate in nodi (piazze, slarghi, etc.), aste (percorsi ciclopedonali, strade, etc.), aree (giardini, parchi, aree agricole di frangia, ambiti di trasformazione, aree dismesse o abbandonate, etc.), attraverso *set* di indicatori per la valutazione della qualità urbana (ISTAT, 2012; ISPRA, 2016);
- individuazione dei principali elementi di rischio e criticità rispetto a quattro macro-obiettivi ambientali (CNT, 2011): contrasto all'isola di calore urbana (miglioramento del clima e microclima urbano), miglioramento della qualità dell'aria (riduzione inquinanti atmosferici), gestione sostenibile delle acque e contrasto al *climate change* (OECD, 2003);
- definizione degli obiettivi di progetto (domanda), anche attraverso *audit* e momenti collaborativi con gli *stakeholder* del territorio (Comune di Milano, Municipi 4 e 5, associazioni locali, cittadini, etc.), individuazione delle strategie di intervento per la riqualificazione ambientale e fruitiva dello spazio pubblico ed elaborazione di schemi di *masterplan*;
- valutazione preliminare dei benefici ambientali derivanti dall'infrastrutturazione verde dello spazio aperto attraverso le NBS rispetto alle criticità emerse (scarsa accessibilità agli spazi verdi, carenza di infrastrutture per la mobilità dolce, alta impermeabilità del suolo, elevata esposizione solare degli spazi aperti), e misurazione dei benefici economici indiretti, quantificati attraverso i cosiddetti costi evitati (McPherson et al., 2006);
- identificazione di ambiti significativi per lo sviluppo di progetti pilota (area Toffetti, asta Brenta, nodi Corvetto e San Luigi), ove sperimentare l'efficacia delle NBS ai fini della mitigazione e adattamento ai cambiamenti climatici, con approfondimenti analitici e proposte *site-specific* e quantificazione predittiva dei benefici ambientali (comparazione *ex ante/ex post*).

Le analisi sono state effettuate utilizzando basi di dati *open source*. Le simulazioni e i modelli spaziali sono stati realizzati attraverso strumenti GIS (ISTAT, 2012; ISPRA, 2016).

In accordance with the objectives, methods and research tools shared by the coordination of the Research Units and explained in the programme, the activity of the Politecnico di Milano Research Unit (RU) has been articulated as follows:

- *definition of the territorial context at the scale of the South-East Milan Sub-area and the Lodi-Corvetto District;*
- *analysis of the morpho-typological and environmental characteristics of the context, with reference to the urban components of the public outdoor spaces, classified into nodes (squares, widenings, etc.), axis (cycle-pedestrian paths, roads, etc.), areas (gardens, parks, agricultural fringe areas, transformation areas, abandoned areas, etc.), through sets of indicators for the evaluation of urban quality (ISTAT, 2012; ISPRA, 2016);*
- *identification of the main elements of criticality with respect to four macro-objectives (CNT, 2011): contrast to the urban heat island; improvement of air quality; sustainable water management; countering climate change (OECD, 2003);*
- *definition of the project objectives, also through audits and collaborative moments with local stakeholders (Comune di Milano, Municipi 4 and 5, local associations, citizens, etc.), identification of strategies for the environmental redevelopment of public space and elaboration of master plan schemes;*
- *preliminary assessment of the environmental benefits, deriving from the green infrastructure of open space through NBS with respect to the critical issues that have emerged (poor accessibility to green spaces, lack of infrastructure for soft mobility, high soil impermeability, high sun exposure of open spaces), and measurement of the indirect economic benefits, quantified through the so-called avoided costs (McPherson et al., 2006);*
- *identification of sites for pilot projects (Toffetti area, Brenta axis, Corvetto and San Luigi nodes), where to test the effectiveness of NBS for climate change mitigation and adaptation, with site-specific analysis and proposals with predictive quantification of environmental benefits (ex ante/ex post comparison).*

The analyses were carried out using open source databases. The simulations and spatial models were carried out using GIS tools (ISTAT, 2012; ISPRA, 2016).

2.1 KNOWLEDGE SCENARIOS OF THE SOUTH-EAST MILAN SUB-AREA AND THE LODI-CORVETTO URBAN DISTRICT (NIL)

2.1.1 Perimeter of the South-East Milan Sub-area

The Sub-area identified is that of South-East Milan, an area characterised by a limited presence of *sprawl* and soil consumption phenomena, by the relevant environmental basin of the Parco Agricolo Sud Milano and by environmental and historical-cultural specificities deriving from the conformation of the soils and the hydrographic network (low Milanese plain below the Fontanili line). Among the natural and infrastructural elements that identify the Sub-area are the axis of Corso Lodi, in a median position, and the limits defined to the North by the historical city within the circle of the Spanish Bastions, to the South and East by the Parco Agricolo Sud Milano and to the West by the radial axis of Via Ripamonti and some peri-urban agricultural green areas.

The sector, one of the most recognisable in the city for historical reasons and morphological and settlement connotations, includes the entire Municipio 4 and large portions of Municipio 5, and gravitates along the axis of Corso Lodi, which continues towards the city centre along Corso di Porta Romana and, towards the rural area, along Via Emilia, one of the most important urban penetration infrastructures (Schiaffonati, 2019).

This system is characterised by a significant presence of residential districts, many of which are public initiatives, which find their fulcrums in Piazzale Corvetto and Piazza Gabrio Rosa. Seemingly connoted by the negative characteristics of the urban suburbs, especially at its outskirts, instead, in reality this territory is relatively homogeneous, characterised by a precise identity and has a clear morphological structure derived from historical modes of formation that have seen the progressive construction of urban parts completed and quite dense, with good levels of integration between residential functions, productive activities, leisure and naturalistic spaces (Fig. 1). The conservation of some important environmental values connected to the permanence of large agricultural portions is important, with limited *sprawl* phenomena, without conurbative dynamics towards the Municipalities of the hinterland, unlike what has occurred in other parts of the city. This is also due to the presence of the Parco Agricolo Sud Milano, which has played an important role in containing urban development, safeguarding the preservation of some of the sector's peculiarities and the coexistence of different production matrices, an expression, even in the most accelerated and intensive phases of development, of good urban quality in spatial and environmental terms (UCTAT, 2017; Mussinelli et al., 2018a).

At present the Sub-area is characterised by a high degree

2.1 SCENARI DI CONOSCENZA DELLA SUBAREA MILANO SUD-EST E DEL DISTRETTO URBANO LODI-CORVETTO (NIL)

2.1.1 Perimetrazione della Subarea Milano sud-est

La Subarea individuata è quella di Milano sud-est, un'area caratterizzata da una limitata presenza di fenomeni di *sprawl* e di consumo di suolo, dal rilevante bacino ambientale del Parco Agricolo Sud Milano e da specificità ambientali e storico-culturali derivanti dalla conformazione dei suoli e del reticolo idrografico (bassa pianura milanese al di sotto della linea dei fontanili). Tra gli elementi naturali e infrastrutturali che individuano la Subarea sono fondamentali l'asse di corso Lodi, in posizione mediana, e i limiti definiti a nord dalla città storica entro la cerchia dei Bastioni Spagnoli, a sud e a est dal Parco Agricolo Sud Milano e a ovest dall'asse radiale di via Ripamonti e da alcune aree di verde agricolo periurbano.

Il settore, tra i più riconoscibili nella città per ragioni storiche e connotazioni morfologico-insediative, comprende l'intero Municipio 4 e vaste porzioni del Municipio 5, e gravita sull'asse di corso Lodi, che prosegue verso il centro città lungo corso di Porta Romana e, verso il territorio rurale, lungo la via Emilia, una tra le più importanti infrastrutture di penetrazione urbana (Schiaffonati, 2019).

Tale sistema si caratterizza per una significativa presenza di quartieri residenziali, molti di iniziativa pubblica, che trovano i loro fulcri in piazzale Corvetto e piazza Gabrio Rosa. Apparentemente connotato, soprattutto ai margini, dai caratteri negativi delle periferie urbane, in realtà questo territorio è relativamente omogeneo, è caratterizzato da una sua precisa identità e presenta un impianto morfologico chiaro derivato da modalità storiche di formazione che hanno visto la progressiva edificazione di parti urbane compiute e abbastanza dense, con buoni livelli di integrazione tra funzioni residenziali, attività produttive, spazi per il tempo libero e naturalistici (Fig. 1). Importante la conservazione di alcune rilevanti valenze ambientali connesse al permanere di ampie porzioni agricole e spazi aperti, con fenomeni di *sprawl* molto limitati, in assenza di dinamiche conurbative verso i Comuni dell'*hinterland*, a differenza di quanto si è verificato in altri quadranti della città. Questo anche per la presenza del Parco Agricolo Sud Milano, che ha ricoperto un ruolo importante nel contenere lo sviluppo urbanistico e il consumo di suolo, garantendo la salvaguardia di alcune caratteristiche peculiari del comparto e la coesistenza di diverse matrici produttive, espressione, anche nelle fasi di sviluppo più accelerato e intensivo, di una buona qualità urbana sia in termini spaziali che ambientali (UCTAT, 2017; Mussinelli et al., 2018a).

Allo stato attuale la Subarea si caratterizza per un elevato grado di accessibilità, garantita sia dalla prossimità al centro consolidato, sia da un insieme composito di aste viabilistiche e del trasporto pubblico. In particolare, il quadrante si sviluppa a partire dalla presenza di corso Lodi, la principale direttrice di accesso e di organizzazione spaziale del costruito. Su di esso si intersecano altri rilevanti assi urbani radiocentrici e tangenziali, definendo nodi viabilistici e di trasporto pubblico di livello urbano e metropolitano. Tra questi i nodi di piazzale Lodi (intersezione tra la linea metropolitana MM3 e la cerchia ferroviaria, ma anche della cerchia dei viali delle Regioni), di piazzale Corvetto (sovrapposizione tra corso Lodi, il cavalcavia di raccordo autostradale e il "viale attrezzato" Lucania) e di Rogoredo (*hub* di interscambio tra trasporto urbano, regionale e nazionale su ferro, nonché vera e propria porta della città) (Mussinelli & Tartaglia, 2020; Mocchi, 2020).

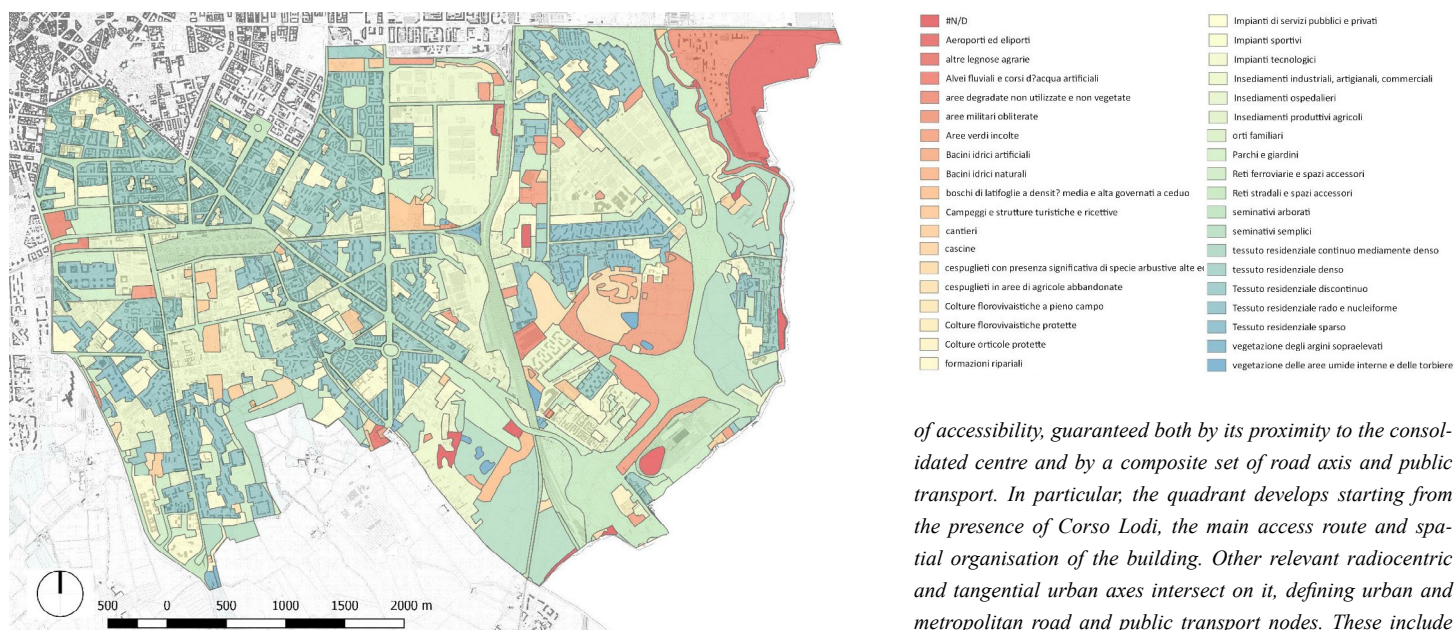


Fig. 1 - Carta dell'uso del suolo all'interno della Subarea / Land use map within the Sub-area (Source: GIS elaboration on data from DUSAF-Destinazione d'Uso dei Suoli Agricoli e Forestali, 2015 Regione Lombardia).

Da segnalare alcuni significativi interventi previsti dal Piano Urbano della Mobilità Sostenibile (PUMS), che concernono il completamento della strada Paullese verso la città, l'ipotesi di demolizione del cavalcavia Corvetto e la realizzazione della *Circle Line* e della nuova metrotramvia attestata a Rogoredo.

Il quadrante infine è contraddistinto da numerose nuove progettualità - di recente attuazione, in corso e in programmazione -, connesse sia alla notevole consistenza del patrimonio di aree dismesse e/o sottoutilizzate ancora presenti, sia a un contesto insediativo non completamente densificato, appetibile quindi per nuovi sviluppi immobiliari, fattori che prospettano un futuro particolarmente dinamico per questo contesto (Fig. 2). In questo quadrante sono già stati attuati importanti programmi di ristrutturazione urbana (PRU ex TIBB e PRU ex OM) e sono in atto nuovi sviluppi, accelerati anche dalla trasformazione d'uso degli scali ferroviari di Porta Romana e Rogoredo (Schiaffonati et al., 2017). Sempre con riferimento alle progettualità in corso, vanno richiamate due iniziative di rilevanza internazionale: il progetto europeo "Sharing Cities" a Corvetto e il progetto "OpenAgri" (fondo FESR, *Urban Innovative Actions*) per l'ambito di cascina Nosedo a Porto di Mare; il primo prevede l'efficientamento energetico degli edifici e del sistema di trasporto, il secondo il recupero della cascina dismessa per l'attivazione di sperimentazioni culturali sulle aree agricole limitrofe al costruito.

Molto rilevanti nel complesso le quantità in gioco, con numerosi interventi aventi una superficie territoriale superiore ai 5.000 mq, per un totale complessivo di oltre 1,5 milioni di mq di aree trasformate o in corso di trasformazione, e circa un milione di mq di nuova sl (superficie lorda, come definita nel PGT in vigore nel

of accessibility, guaranteed both by its proximity to the consolidated centre and by a composite set of road axis and public transport. In particular, the quadrant develops starting from the presence of Corso Lodi, the main access route and spatial organisation of the building. Other relevant radiocentric and tangential urban axes intersect on it, defining urban and metropolitan road and public transport nodes. These include the junctions of Piazzale Lodi (intersection between the MM3 underground line and the railway ring, but also the ring of the regional avenues), Piazzale Corvetto (overlap between Corso Lodi, the overpass and the Lucania "equipped avenue") and Rogoredo (interchange hub between urban, regional and national rail transport, as well as the city's gateway) (Mussinelli & Tartaglia, 2020; Mocchi, 2020).

Some significant interventions provided for in the Urban Sustainable Mobility Plan (PUMS) concerning the completion of the Paullese road towards the city, the hypothesis of demolition of the Corvetto overpass and the construction of the Circle Line and the new metro-tramway in Rogoredo, should be noted.

Finally, the quadrant is marked by numerous new projects - recently implemented, underway and in the planning phase - connected both to the considerable amount of abandoned and/or underused areas still present, and to a settlement context that is not completely densified and, therefore, attractive for new real estate developments, factors that foresee a particularly dynamic future for this context (Fig. 2). Significant urban restructuring programmes have already been implemented in this quadrant (PRU ex TIBB and PRU ex OM) and new developments are underway, accelerated also by the transformation of the use of the Porta Romana and Rogoredo railway stations (Schiaffonati et al., 2017). Again with reference to the ongoing projects, two initiatives of international importance should be mentioned: the European project "Sharing Cities" in Corvetto and the "OpenAgri" project (ERDF fund, Urban Innovative Actions) for the Nosedo farmstead in Porto di Mare; the former

envisages the energy efficiency of the buildings and the transport system, the latter the recovery of the disused farmstead for the activation of cultivation experiments on the agricultural areas adjacent to the building.

The quantities at stake are significant on the whole, with interventions with a territorial surface area of more than 5,000 sqm, for a total of more than 1.5 million sqm of areas transformed or ongoing transformations, and about 1 million sqm of new GSA (gross surface area, as defined in the PGT of the Municipality of Milan) under construction (Mussinelli & Castaldo, 2015).

The critical analysis of these initiatives, often accompanied by emphatic declarations of high environmental sustainability, highlights how the processes undertaken are mainly reduced to actions of “substitution/filling” of urban voids, in the absence of an overall organic design as regards both the reorganisation of the system of major urban functions and services, and a strategic assessment of the potential environmental impacts generated by these achievements.

In general terms, the Milanese Administration has set itself the objective of putting sustainability, resilience and the suburbs at the centre of its planning action; an example of this is the establishment of a Resilient Cities Directorate for the implementation of the international project “100 Resilient Cities” of the Rockefeller Foundation, the two editions of the international call for proposals “Reinventing Cities”, the “ForestaMi”¹ project for the planting of three million new trees by 2030, the “CLEVER Cities” project, Horizon funding of about one million euros for urban regeneration through experimental solutions and the use of NBS².

The analytical assessments resulting from the simulations developed for the pilot cases covered by this PRIN research,

1 “ForestaMi” pursues objectives of reducing the annual CO₂ emissions of the Municipality of Milan, reducing fine dust (3,000 tons PM10 assimilated in 10 years), reducing the heat island effect (-2°C in urban areas), increasing the tree canopy cover of the Metropolitan City (+8%), increasing soil permeability and reducing hydrogeological risk, and increasing biodiversity and green and blue infrastructures.

2 The “Clever Action Labs” (CALs) host co-creation paths participated by the local community and stakeholders; the three CALs activated concern: the experimentation of innovative green roofs and walls in private and/or public buildings; interventions in the shared garden of the Giambellino District (green buffer area, water recovery and its automated management through open source sensors and low-cost accessible systems); the active participation of citizens in the maintenance of green areas outside the railway along Viale Tibaldi, through agreements between RFI and Comune di Milano.

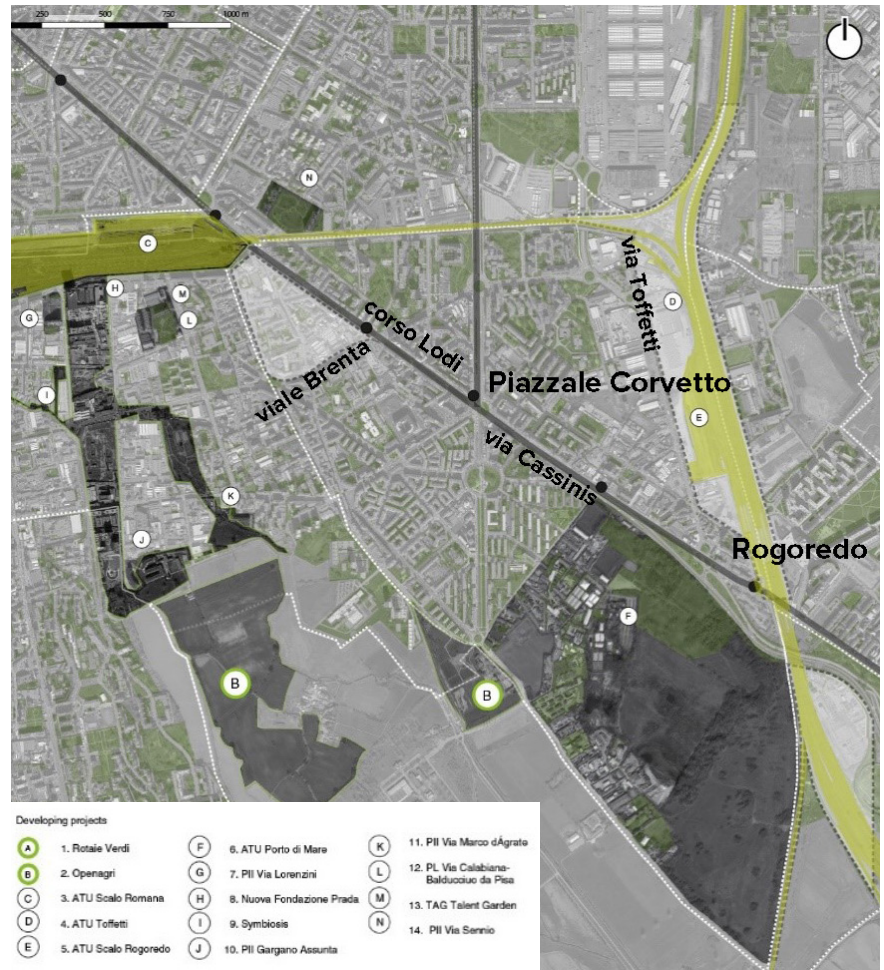


Fig. 2 - Mappa delle trasformazioni in atto e in programma nella Subarea / Map of ongoing and planned transformations in the Sub-area (Source: Elaboration on data from Comune di Milano).

Comune di Milano) in via di realizzazione (Mussinelli & Castaldo, 2015).

L’analisi critica di tali iniziative, spesso accompagnate da enfatiche dichiarazioni di elevata sostenibilità ambientale, evidenzia come i processi avviati si riducano prevalentemente ad azioni di “sostituzione/riempimento” di vuoti urbani, in assenza di un organico disegno complessivo per quanto concerne sia il riassetto del sistema delle grandi funzioni urbane e dei servizi, sia una valutazione strategica dei potenziali impatti ambientali generati da tali realizzazioni.

In termini generali, l’Amministrazione milanese si è data l’obiettivo di porre al centro della propria azione programmatica i temi della sostenibilità, della resilienza e delle periferie; ne sono un esempio l’istituzione di una Direzione Città Resilienti per l’attuazione del progetto internazionale “100 Resilient Cities” della Fondazione Rockefeller, le due edizioni del bando internazionale “Reinventing Ci-

ties”, il progetto “ForestaMi”¹ per la piantumazione di tre milioni di nuovi alberi entro il 2030, il progetto “CLEVER Cities”, finanziamento Horizon di circa un milione di euro per la rigenerazione urbana attraverso soluzioni sperimentali e l’impiego delle NBS².

Le valutazioni analitiche derivanti dalle simulazioni elaborate per i casi pilota oggetto di questa ricerca PRIN, più oltre illustrate, consentono di formulare qualche prima considerazione critica rispetto all’approccio programmatico adottato dall’Amministrazione. Da un lato, infatti, la città non sembra oggettivamente disporre di superfici sufficientemente ampie per accogliere applicazioni estensive delle NBS, il cui inserimento deve viceversa considerare in modo puntuale sia le effettive compatibilità di contesto (quali ad esempio la presenza di sottoservizi), sia fattori quali l’orientamento, le condizioni locali climatiche e di ventilazione, le modalità, l’intensità e i tempi della fruizione, etc., che ne condizionano significativamente l’efficacia. Dall’altro, non sempre è presente una correlazione diretta tra azioni a scala territoriale e miglioramento della qualità ambientale e fruibilità degli spazi pubblici: la scalabilità della valutazione dei benefici - dal locale all’area vasta, e viceversa - rappresenta infatti un ulteriore elemento di complessità del processo analitico e progettuale (Mussinelli et al., 2018b). Non da ultimo, le enunciazioni programmatiche sopra citate paiono poco coerenti con la realtà dei dati quantitativi messi in gioco in termini attuativi: densità fondiaria molto elevate (indice medio pari a circa 0,64 mq/mq, quasi il doppio dell’indice base 0,35 mq/mq), e un rilevante incremento del carico antropico (pari a più di 20.000 abitanti teorici insediabili, circa il 12,5% dell’attuale popolazione residente nel quadrante) si innestano su un quadro ambientale già in parte caratterizzato da notevoli criticità (isola di calore, alti valori di inquinamento aereo, elevato impatto del traffico veicolare, bassa qualità dello spazio pubblico, standard inadeguati di verde fruibile).

Esiste quindi un alto rischio di accentuazione di queste criticità connesso proprio al consistente incremento del carico antropico su aree non utilizzate o libere da costruzioni che, dal punto di vista ambientale, risultano oggi relativamente “neutre”: pur non generando servizi ecosistemici, esse non producono infatti pressioni tali da determinare ulteriori inquinamenti. Le analisi effettuate sui singoli piani e progetti fanno inoltre emergere come, pur se in presenza di una generale maggiore sensibilità alla “quantità di verde”, manchi una visione d’insieme del riassetto urbano per quanto concerne sia le relazioni con la città costruita, i caratteri e i valori ambientali degli spazi aperti. Con assetti di progetto sostanzialmente

- 1 “ForestaMi” persegue obiettivi di riduzione della CO₂ annuale del Comune di Milano, di abbattimento delle polveri sottili (3.000 ton PM10 assimilate in 10 anni), di riduzione dell’effetto isola di calore (-2°C nelle aree urbane), di aumento della *tree canopy cover* della Città Metropolitana (+8%), di aumento della permeabilità dei suoli e diminuzione del rischio idrogeologico, e di aumento della biodiversità e delle infrastrutture verdi e blu.
- 2 I “Clever Action Labs” (CAL) ospitano percorsi di co-creazione partecipati dalla comunità locale e da *stakeholder*; i tre CAL attivati concernono: la sperimentazione di tetti e pareti verdi innovativi in edifici privati e/o pubblici; interventi nel giardino condiviso del quartiere Giambellino (area verde tampone, recupero acque e loro gestione automatizzata mediante sensoristica *open source* e sistemi accessibili a basso costo); la partecipazione attiva della cittadinanza nella manutenzione del verde in ambiti esterni ma funzionali alla ferrovia lungo viale Tibaldi, attraverso convenzioni tra RFI e Comune di Milano.

illustrated below, allow to formulate some first critical considerations with respect to the programming approach adopted by the Administration. On the one hand, in fact, the city does not seem objectively to have sufficiently large areas to accommodate extensive applications of NBS, which, on the other hand, must take into account both the actual context compatibility (such as the presence of sub-services) and factors such as orientation, local climatic and ventilation conditions, methods, intensity and times of use, etc., which significantly affect its effectiveness.

On the other hand, there is not always a direct correlation between actions on a territorial scale and the improvement of the environmental and usable quality of public spaces: the scalability of the evaluation of benefits - from the local to the large area, and vice versa - represents a further element of complexity in the analytical and planning process (Mussinelli et al., 2018b). Last but not least, the above-mentioned programmatic statements seem to be inconsistent with the reality of the quantitative data put into play in terms of implementation: very high land densities (average index equal to about 0.64 sqm/sqm, almost double the basic index 0.35 sqm/sqm), and a significant increase in the anthropic load (equal to more than 20,000 theoretical inhabitants, about 12.5% of the current population living in the quadrant) are grafted onto an environmental framework already partly characterised by considerable criticality (heat island, high air pollution values, high impact of vehicular traffic, low quality of public space, inadequate standards of usable greenery).

There is, therefore, a high risk of accentuation of these criticalities connected to the increase in the anthropic load on areas that are free from construction, which, from an environmental viewpoint, are now relatively “neutral”: although they do not generate ecosystem services, they do not produce such pressures as to cause further pollution. The analyses carried out on the individual plans and projects also show that, despite a general greater sensitivity to the “quantity of greenery”, there is a lack of an overall vision of urban redevelopment with regard to both the relationship with the built city, and the environmental characteristics and values of open spaces. With substantially self-referential and self-contained project layouts, little sensitivity to the quality of public space and the opportunity to give shape to green and blue infrastructures and the related generation of ecosystem services. System actions and projects are missing or partially stated, and the sustainability dimension that emerges more often than not refers to the assessment of the increase in biodiversity (Green Railways), energy efficiency (Milan Smart City) and social inclusion in peri-urban farming practices (OpenAgri).

2.1.2 Identification of the Urban Districts making up the Sub-area and the Experimentation District

Considering the number of inhabitants, the homogeneity of settlement and building typology, the geomorphological aspects, the natural limits and the infrastructural equipment, twelve urban Districts are identified within the Sub-area (Fig. 3): *Vigentina*, *Porta Romana*, *Umbria-Molise*, *Ortomercato*, *Mecenate*, *Parco Monluè-Ponte Lambro*, *ex OM-Morivione*, *Scalo Romana*, *Lodi-Corvetto*, *Rogoredo*, *Triulzio Superiore*, *Ripamonti*. They correspond to the so-called *Local Identity Units* (Nuclei di Identità Locali, NIL) provided for in the current Urban Plan of Milano (Piano di Governo del Territorio, PGT). The PGT³ defines them as «neigh-

autoreferenziali e in sé conclusi, poco sensibili alla qualità dello spazio pubblico e all'opportunità di dar forma a infrastrutture verdi e blu e alla correlata generazione di servizi ecosistemici. Mancano, o sono parzialmente enunciati, azioni e progetti di sistema, e la dimensione della sostenibilità che emerge semmai più spesso fa riferimento alla valutazione dell'incremento della biodiversità (Rotaie Verdi), all'efficienza energetica (Milano Smart City) e all'inclusione sociale nelle pratiche di agricoltura periurbana (OpenAgri).

2.1.2 Individuazione dei Distretti urbani costituenti la Subarea e del Distretto di sperimentazione

Considerando la numerosità degli abitanti, l'omogeneità insediativa e tipologico-edilizia, gli aspetti geomorfologici, i limiti naturali e le dotazioni infrastrutturali, all'interno della Subarea sono individuati dodici Distretti urbani (Fig. 3): *Vigentina*, *Porta Romana*, *Umbria-Molise*, *Ortomercato*, *Mecenate*, *Parco Monluè-Ponte Lambro*

3 The PGT Milan 2030 was approved by the City Council

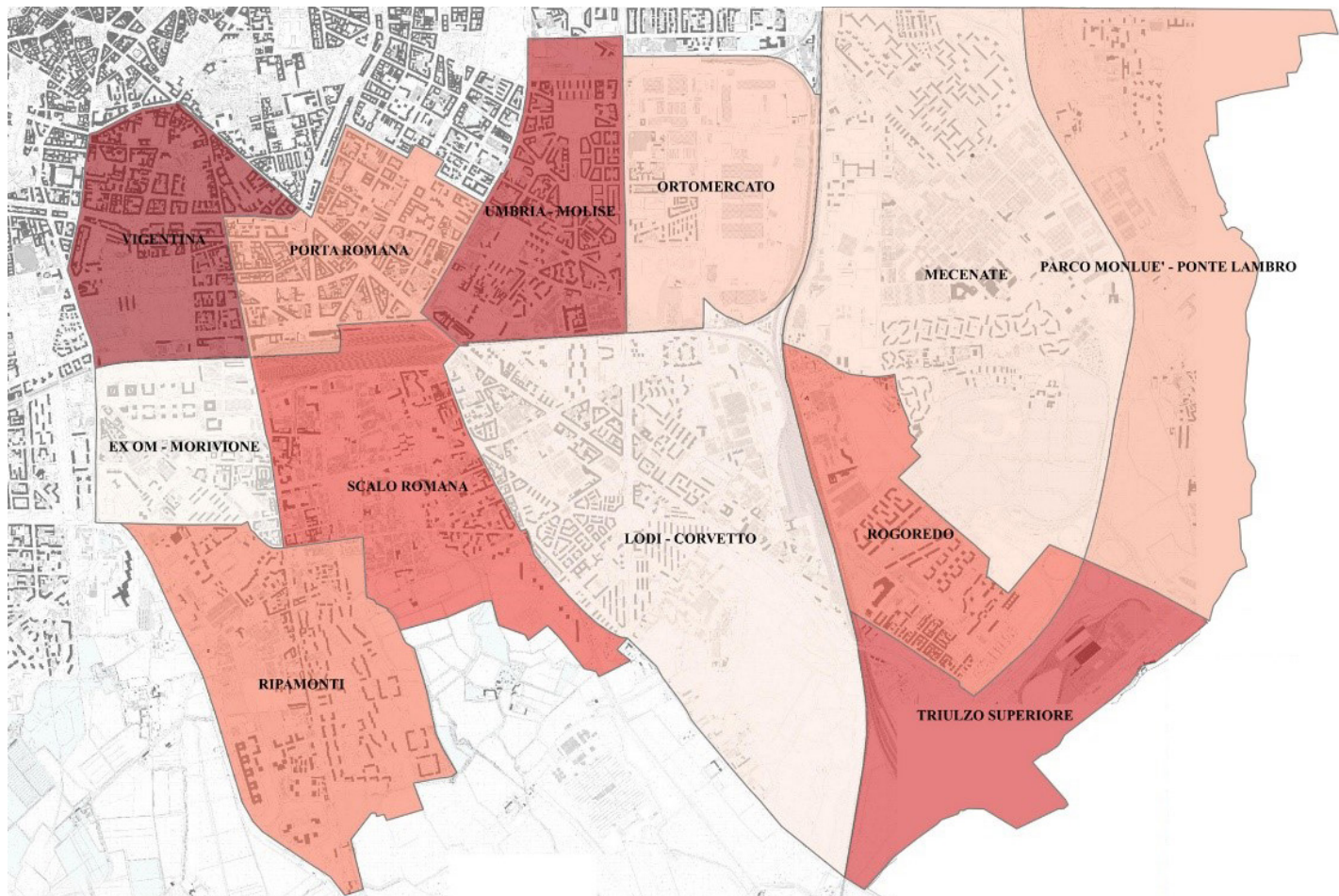


Fig. 3 - Individuazione dei Distretti entro la Subarea Milano sud-est / Identification of Districts within the South-East Milan Sub-area (Source: GIS elaboration on data from Sistema Informativo Territoriale-SIT, Comune di Milano).

| | | | | |
|--|--|--|-------------|---------|
| | | DISTRICT (NIL) A_ PARCO MONLUE'-PONTE LAMBRO | | |
| | | INHABITANTS | 5083,00 | |
| | | SURFACE | 2,64 | Kmq |
| | | DENSITY | 1925,38 | ab/kmq. |
| | | MAIN FUNCTIONS | Residential | |
| | | DISTRICT (NIL) B_ MECENATE | | |
| | | INHABITANTS | 19022,00 | |
| | | SURFACE | 3,82 | Kmq |
| | | DENSITY | 4979,58 | ab/kmq. |
| | | MAIN FUNCTIONS | Residential | |
| | | DISTRICT (NIL) C_ TRIULZIO SUPERIORE | | |
| | | INHABITANTS | 1601,00 | |
| | | SURFACE | 1,40 | Kmq |
| | | DENSITY | 1143,17 | ab/kmq. |
| | | MAIN FUNCTIONS | Residential | |
| | | DISTRICT (NIL) D_ ROGOREDO | | |
| | | INHABITANTS | 9917,00 | |
| | | SURFACE | 1,20 | Kmq |
| | | DENSITY | 8264,17 | ab/kmq. |
| | | MAIN FUNCTIONS | Residential | |
| | | DISTRICT (NIL) E_ LODI CORVETTO | | |
| | | INHABITANTS | 36102,00 | |
| | | SURFACE | 3,64 | Kmq |
| | | DENSITY | 9918,13 | ab/kmq. |
| | | MAIN FUNCTIONS | Residential | |
| | | DISTRICT (NIL) F_ ORTOMERCATO | | |
| | | INHABITANTS | 4209,00 | |
| | | SURFACE | 1,40 | Kmq |
| | | DENSITY | 3006,43 | ab/kmq. |
| | | MAIN FUNCTIONS | Residential | |
| | | DISTRICT (NIL) G_ UMBRIA MOLISE | | |
| | | INHABITANTS | 22402,00 | |
| | | SURFACE | 1,19 | Kmq |
| | | DENSITY | 18825,21 | ab/kmq. |
| | | MAIN FUNCTIONS | Residential | |

Fig. 4a - NIL costituenti la Subarea: dati su popolazione residente e caratteristiche morfo-tipologiche degli edifici / *NILs constituting the Sub-area: data on resident population and morpho-typological characteristics of buildings* (Source: Elaboration on data from Sistema Informativo Territoriale-SIT and Ufficio Anagrafe, Comune di Milano).











| | | | | |
|---|---|-----------------------------------|-------------|---------|
|  |  | DISTRICT (NIL) H_ PORTA ROMANA | | |
| | | INHABITANTS | 16271,00 | |
| | | SURFACE | 1,00 | Kmq |
| | | DENSITY | 16271,00 | ab/kmq. |
| | | MAIN FUNCTIONS | Residential | |
|  |  | DISTRICT (NIL) I_ SCALO ROMANA | | |
| | | INHABITANTS | 4209,00 | |
| | | SURFACE | 1,40 | Kmq |
| | | DENSITY | 3006,43 | ab/kmq. |
| | | MAIN FUNCTIONS | Residential | |
|  |  | DISTRICT (NIL) L_ RIPAMONTI | | |
| | | INHABITANTS | 14123,00 | |
| | | SURFACE | 1,85 | Kmq |
| | | DENSITY | 7634,05 | ab/kmq. |
| | | MAIN FUNCTIONS | Residential | |
|  |  | DISTRICT (NIL) M_ EX OM MORIVIONE | | |
| | | INHABITANTS | 9689,00 | |
| | | SURFACE | 0,82 | Kmq |
| | | DENSITY | 11815,85 | ab/kmq. |
| | | MAIN FUNCTIONS | Residential | |
|  |  | DISTRICT (NIL) N_ VIGENTINA | | |
| | | INHABITANTS | 13546,00 | |
| | | SURFACE | 1,14 | Kmq |
| | | DENSITY | 11882,46 | ab/kmq. |
| | | MAIN FUNCTIONS | Residential | |

Fig. 4b - NIL costituenti la Subarea: dati su popolazione residente e caratteristiche morfo-tipologiche degli edifici / *NILs constituting the Sub-area: data on resident population and morpho-typological characteristics of buildings* (Source: Elaboration of data on Sistema Informativo Territoriale-SIT and Ufficio Anagrafe, Comune di Milano).

bourhoods of Milan, where it is possible to recognise historical and project districts, with different characteristics from each other», i.e. areas connected to each other by infrastructures and services for mobility and urban greenery. They are also minimum census units, for which databases and environmental, demographic and spatial data and statistics are available (Figg. 4a and 4b).

With respect to the 12 NILs, the research activity has focused

Resolution n.34 of 14/10/2019 and became effective on 05/02/2020 with the publication on the BURL (Series 6).

Lambro, ex OM-Morivione, Scalo Romana, Lodi-Corvetto, Rogoredo, Triulzio Superiore, Ripamonti. Questi corrispondono ai Nuclei di Identità Locali (NIL) previsti dal vigente PGT del Comune di Milano³, che li definisce «quartieri di Milano, in cui è possibile riconoscere quartieri storici e di progetto, con caratteristiche differenti gli uni dagli altri», ovvero ambiti connessi tra loro da infrastrutture e servizi per la mobilità e dal verde urbano. Si tratta inoltre di unità minime di

³ Il PGT Milano 2030 è stato approvato con delibera di Consiglio comunale n. 34 del 14/10/2019 ed è divenuto efficace in data 05/02/2020 a seguito della pubblicazione dell'avviso di approvazione definitiva del Piano sul BURL Serie Avvisi e Concorsi n. 6.

censo, per le quali sono disponibili banche dati e statistiche ambientali, demografiche e spaziali (Figg. 4a e 4b).

Rispetto ai 12 NIL individuati, l'attività di ricerca della RU di Milano ha focalizzato analisi e sperimentazioni sullo spazio pubblico del NIL Lodi-Corvetto: baricentro della Subarea, è il Distretto più densamente popolato, è interessato dagli impatti ambientali dei principali sistemi infrastrutturali del sud-est Milano e racchiude varie e interessanti tipologie di spazio pubblico, quali la piazza della stazione di Rogoredo, piazzale Corvetto, piazzale Lodi e piazza Medaglie d'Oro, offrendo quindi numerose occasioni di studio e progetto.

A partire dal riconoscimento del ruolo dello spazio pubblico all'interno dei processi di rigenerazione urbana in chiave resiliente (Battisti et al., 2020), la ricerca si è focalizzata sull'individuazione di Sistemi di Spazi Pubblici (SSP), classificati in base alle caratteristiche morfologiche e materiche e alle criticità ambientali prevalenti.

Lo spazio pubblico è stato inoltre qualificato rispetto alle sue componenti tipologiche: nodi urbani (piazze, slarghi, etc.), aste urbane (vie, strade sopraelevate, etc.), spazi verdi (giardini, parchi e aree agricole di frangia) e aree dismesse. Tali criteri hanno riguardato: aspetti geomorfologici, tipologia dei tracciati, tipologie edilizie in affaccio sui tracciati, densità del costruito, presenza di infrastrutture verdi, indicatori di qualità urbana (trattati in seguito).

Rispetto ai sopracitati criteri e alle analisi morfo-tipologiche della Subarea, si sono individuati i seguenti SSP:

- Ambiti di trasformazione urbana: individuati dal PGT di Milano quali «aree dismesse o in via di dismissione da riqualificare (quali scali ferroviari, caserme, etc.) la cui riprogettazione sia di interesse per l'intero territorio di Milano», in questi ambiti sono previsti incrementi del carico antropico, azioni di deimpermeabilizzazione e consistenti quote di aree a verde e di spazi pubblici;
- Ambiti di frangia urbana (*Urban and periurban forest*): ambiti caratterizzati dalla presenza di «boschi artificiali» urbani e periurbani, ovvero in condizioni di frangia tra città e spazio aperto a vocazione rurale; le previste infrastrutture verdi si innestano nel programma «Emonfur» (*Establishing a monitoring network to assess lowland forest and urban plantation in Lombardy and urban forest in Slovenia*) all'interno del quale, ad esempio, rientra il Parco Agricolo della Vettabbia;
- Quartieri omogenei: identificati sulla base di criteri storici e morfo-tipologici. Le presenze sono di notevole interesse, per l'opportunità di costituire una sorta di museo a cielo aperto dell'edilizia sociale milanese;
- Aste urbane: assi viari e infrastrutturali rilevanti che determinano criticità ambientale. La letteratura scientifica si focalizza su questa tipologia di spazi pubblici, li riconosce come ambiti di elevato potenziale di miglioramento della qualità urbana, e, con riferimento all'introduzione di soluzioni *nature-based* e di *green infrastructures*, ne promuove la trasformazione da infrastrutture grigie a infrastrutture verdi (Gill et al., 2007; CNT, 2012; EPA, 2014; European Commission, 2015);
- Piazze/Nodi: con particolare attenzione agli snodi viabilistici ove si concentrano elevate affluenze pedonali e veicolari e che presentano rilevanti criticità ambientali e fruibili.

on analysis and experimentation on the public space of the NIL Lodi-Corvetto: the focal point of the Sub-area, it is the most densely populated District, with environmental impacts of the main infrastructural systems in South-East Milan and contains various interesting types of public space, such as Rogoredo station square, Piazzale Corvetto, Piazzale Lodi and Piazza Medaglie d'Oro.

Starting from the recognition of the role of public space within urban regeneration processes in a resilient key (Battisti et al., 2020), the research focused on the identification of Public Space Systems (SSP), classified according to their morphological and material characteristics and the prevailing environmental criticalities. The public space was also qualified with respect to typological components: urban nodes (squares, widenings, etc.), urban axis (streets, elevated roads, etc.), green spaces (gardens, parks and agricultural fringe areas) and disused areas. These criteria concerned: geomorphological aspects; type of tracks; types of buildings facing the tracks; building density; presence of green infrastructures; urban quality indicators.

With respect to the above-mentioned criteria and the morpho-typological analysis, the following SSPs were identified:

- *Areas of urban transformation: identified by the PGT of Milan as «areas abandoned or in the process of being abandoned to be redeveloped (such as railway stations, barracks, etc.) whose redesign is of interest for the entire territory of Milan»; increases in the anthropic load, de-sealing actions and substantial shares of green areas and public spaces are foreseen;*
- *Urban and peri-urban fringe areas: areas characterised by the presence of urban and peri-urban «artificial forests», i.e. in fringe conditions between the city and the rural open space; the planned GI are part of the «Emonfur» programme, which, for example, includes the Parco della Vettabbia;*
- *Homogeneous districts: identified on the basis of historical and morpho-typical criteria. The presences are of considerable interest, for the opportunity to set up a sort of open-air museum of Milanese social housing;*
- *Urban axes: important infrastructural axes that determine environmental criticalities. The scientific literature focuses on this type of public spaces, recognises them as areas of high potential for improving urban quality, and, with reference to the introduction of NBS and GI, promotes their transformation from grey to green infrastructures (Gill et al., 2007; CNT, 2012; EPA, 2014; European Commission, 2015);*
- *Squares/Nodes: with attention to junctions with high concentration of pedestrian and vehicular traffic and, where there are significant environmental and use critical points.*

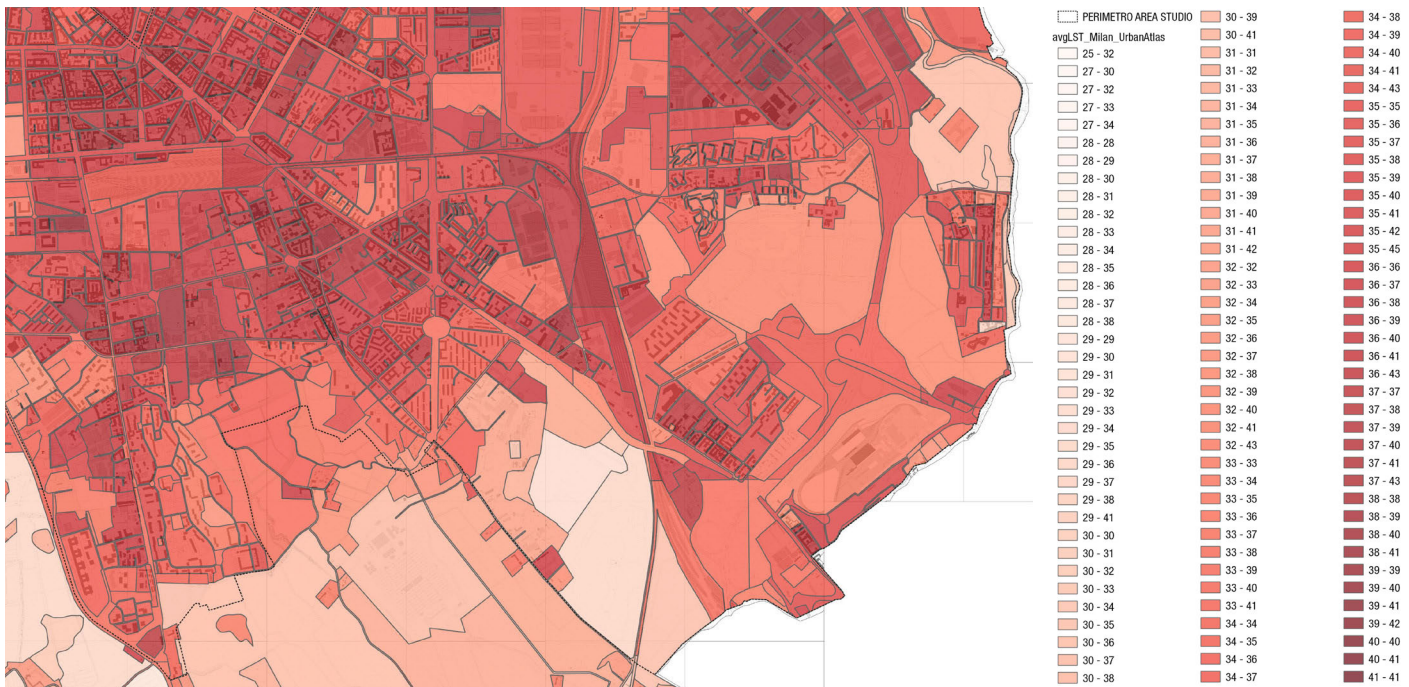


Fig. 5 - Mappa della temperatura della superficie del suolo nella Subarea / *Map of land surface temperature in the Sub-area* (Source: GIS elaboration on data from Sistema Informativo Territoriale-SIT, Comune di Milano).

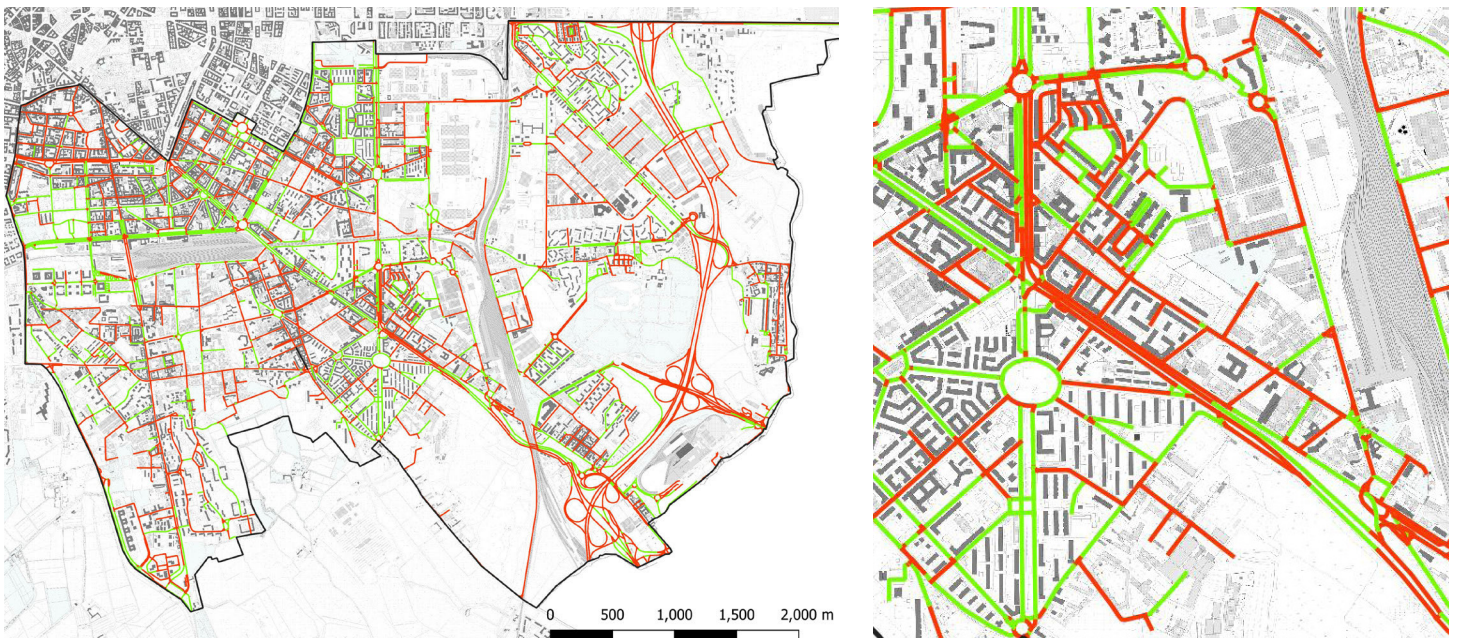


Fig. 6 - Analisi dell'impianto viario della Subarea relativamente alla presenza di alberi. In rosso le vie prive di alberi e in verde quelle alberate / *Analysis of the road system in the Sub-area with regard to the presence of trees. In red the streets without trees and in green the ones with trees* (Source: GIS elaboration on data from Comune di Milano).

2.1.3 Analisi ambientali alla scala della Subarea

Le analisi hanno mirato a identificare e quantificare gli *stress* climatico-ambientali (Fiorillo et al., 2017) e hanno riguardato in particolare:

- l'identificazione delle aree maggiormente colpite dal fenomeno dell'isola di calore urbana (DEP Lazio, 2015) e lo studio dei principali indici di temperatura percepita;
- la rielaborazione su base decennale dei dati sull'inquinamento aereo;
- l'analisi decennale dei principali indici di piovosità (media annuale, numero di eventi atmosferici acuti, periodi di siccità).

Inoltre, sono state condotte analisi sul patrimonio vegetazionale (patrimonio arboreo, superfici a verde) - prevalentemente pubblico - anche attraverso la misurazione dell'accessibilità e della fruibilità.

Clima e microclima urbano: esiti delle analisi

Lo studio delle temperature al suolo ha evidenziato più alti valori nelle aree a più elevata densità edilizia e lungo gli assi viari privi di alberature (Figg. 5 e 6). Il calcolo dell'*Humidex Index* (temperatura percepita) su base decennale nella posizione delle centraline meteo di ARPA Lombardia ha evidenziato un elevato numero di ore nelle quali tale indice è risultato sopra soglia (>43), con valori che corrispondono a potenziali condizioni di malessere (Fig. 7). Le pressioni derivanti dall'isola di calore urbana sono ancora più accentuate alla microscala degli isolati e delle vie, laddove si registra una scarsa presenza di verde e un uso intensivo di materiali a bassa permeabilità e alto assorbimento (prevalentemente asfalto e altri materiali a basso albedo).

Qualità dell'aria: esiti delle analisi

Sono stati misurati gli indicatori previsti dalla normativa nazionale (DLgs 155/2010) riferiti alle quattro più importanti famiglie di inquinanti presenti in ambito urbano (EEA, 2017): PM10, Ozono (O₃), Biossido di Azoto (NO₂) e Biossido di Zolfo (SO₂). L'analisi su base decennale ha evidenziato per ogni anno il superamento dei valori soglia fissati dalla normativa nazionale (Figg. 8, 9 e 10).

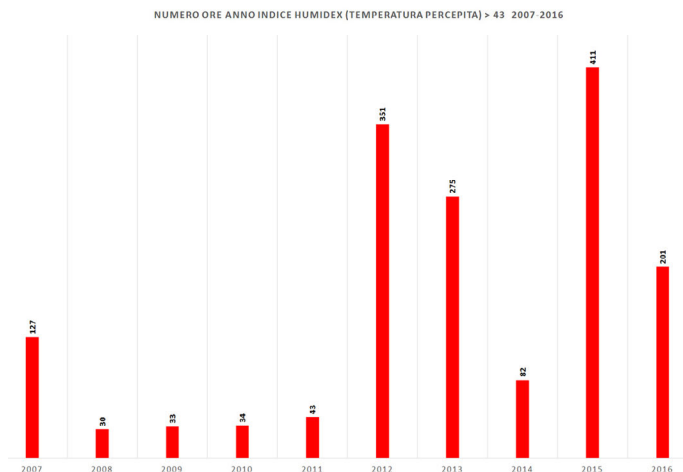


Fig. 7 - Calcolo su base decennale dell'*Humidex Index* / Calculation on a ten-year basis of the *Humidex Index* (perceived temperature) (Source: elaboration on data from ARPA Lombardia).

2.1.3 Environmental analysis at the Sub-area scale

The analysis aimed at identifying and quantifying climatic-environmental stresses (Fiorillo et al., 2017) and they regarded:

- identification of urban heat island phenomenons (DEP Lazio, 2015) with the study of the main perceived temperature indices;
- re-elaboration on a ten-yearly basis of data on air pollution;
- ten-yearly analysis of the main rainfall indexes.

Moreover, analyses were carried out on the vegetation heritage (tree heritage, green areas) - mainly public - also through the measurement of accessibility and usability.

Urban climate and microclimate: results of the analyses

The study related to ground temperatures showed higher values in areas with higher building density and along treeless roads (Figg. 5 and 6). The *Humidex Index* (perceived temperature) calculated on a ten-year basis in the position of ARPA Lombardia stations showed a high number of hours with values above the threshold (>43), with values corresponding to potential malaise conditions (Fig. 7). The pressures deriving from the urban heat island are more accentuated at the microscale, with a scarce presence of greenery and an intensive use of materials with very low permeability and high absorption (asphalt and materials with low albedo).

Air quality: results of analysis

The indicators required by national legislation (legislative decree 155/2010) were measured for the four most important families of pollutants in urban areas (EEA, 2017): PM10, O₃, NO₂ and SO₂. The analysis on a ten-year basis showed that the threshold values were exceeded for each year (Figg. 8, 9 and 10).

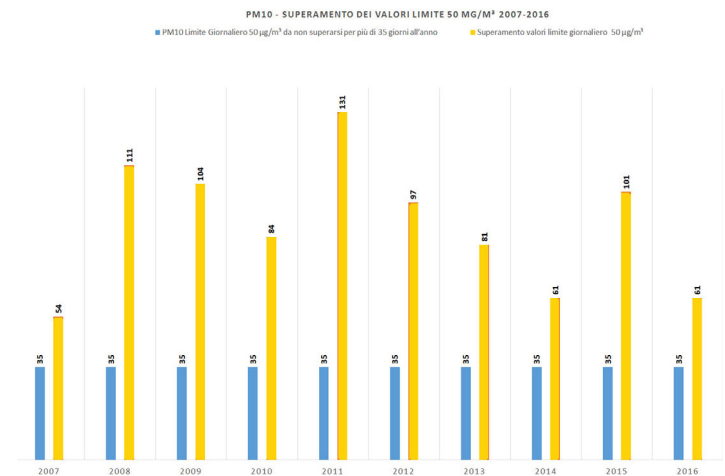


Fig. 8 - Superamento dei valori soglia di PM10 su base annua nell'ultimo decennio / Exceedance of PM10 threshold values on an annual basis over the last decade (Source: elaboration on data from ARPA Lombardia).

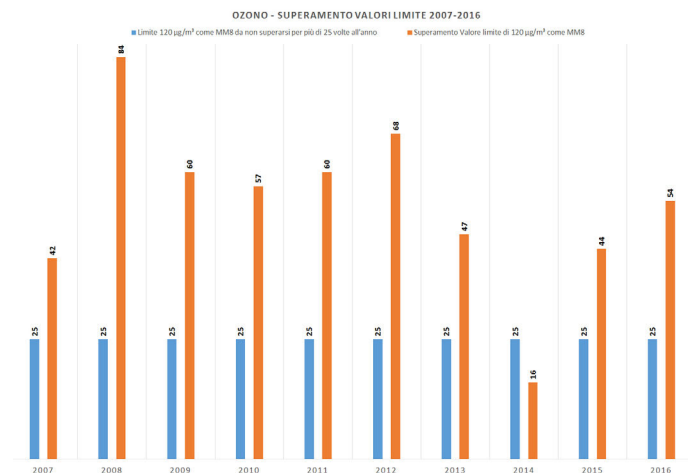


Fig. 9 - Superamento dei valori soglia di Ozono (O_3) su base annua nell'ultimo decennio / *Exceedance of the Ozone (O_3) threshold values on an annual basis in the last decade* (Source: ARPA Lombardia weather station data processing closer to the Sub-area).

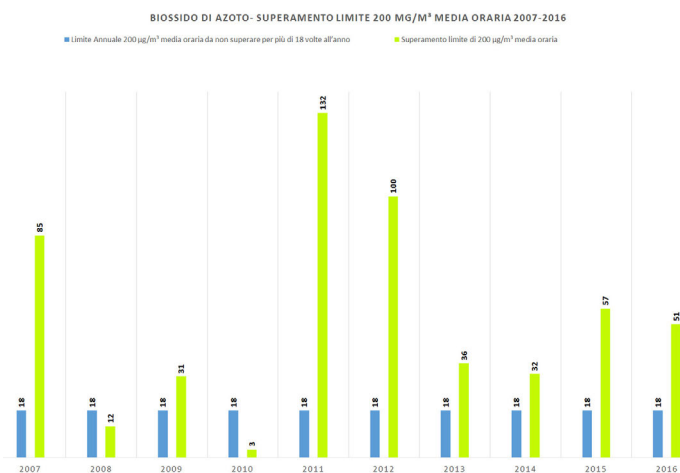


Fig. 10 - Superamento dei valori soglia di Biossido di Azoto (NO_2) su base annua nell'ultimo decennio / *Exceeding of the threshold values of Nitrogen Dioxide (NO_2) on an annual basis in the last decade* (Source: ARPA Lombardia weather station data processing closer to the Sub-area).

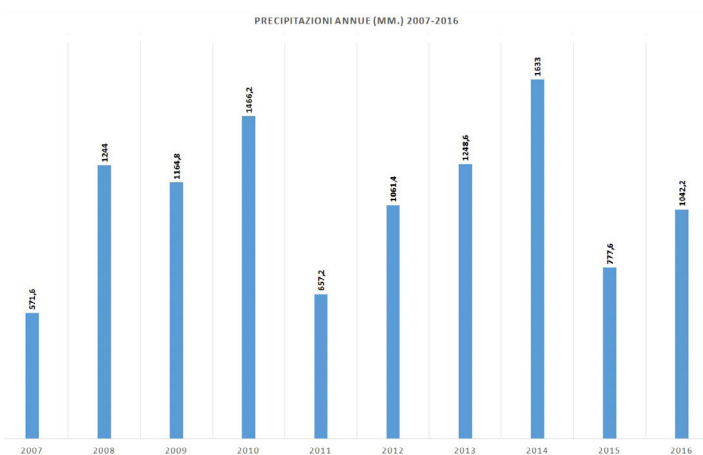


Fig. 11 - Media della piovosità annuale nell'ultimo decennio (mm) / *Average annual rainfall in the last decade (mm)* (Source: ARPA Lombardia weather station data processing closer to the Sub-area).

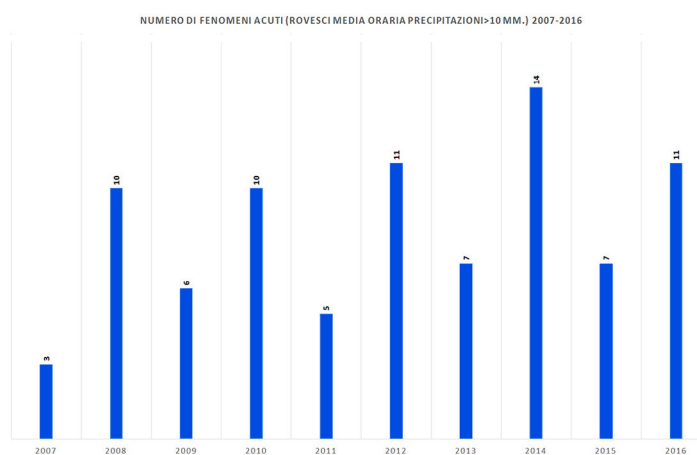


Fig. 12 - Numero di eventi piovosi acuti su base annua nell'ultimo decennio / *Number of acute rain events on an annual basis in the last decade* (Source: ARPA Lombardia weather station data processing closer to the Sub-area).

Rainfall: results of analysis

The measurement of the average rainfall over the last decade, compared to a general decrease on a historical basis (100 years), shows under-threshold values in years corresponding to dry winters and springs (average of winter and spring drought days >20) (Fig. 11). The measurement of acute events (>10 mm of rain in 1 hour) does not reveal any significant trends (Fig. 12).

Piovosità: esiti delle analisi

Lo studio si è concentrato sulla misurazione della media della piovosità dell'ultimo decennio che, rispetto a un generale decremento su base storica (100 anni), evidenzia valori sottosoglia soprattutto negli anni corrispondenti a inverni e primavera siccitose (media dei giorni di siccità invernale e primaverile >20) (Fig. 11). La misura degli eventi acuti (>10 mm di pioggia in 1 ora) non fa emergere trend significativi, con una levata variabilità nelle diverse zone (Fig. 12).

Analisi del verde e della sua accessibilità e fruibilità

La quantificazione delle dotazioni di aree verdi pubbliche è stata redatta utilizzando il *database* topografico dell'Amministrazione comunale per la caratterizzazione degli strati informativi del suolo e il *database* del verde pubblico, aggiornati rispettivamente agli anni 2012 e 2014 (Fig. 13). Inoltre, sono state considerate le classificazioni del verde urbano impiegate dall'ISTAT (2013) e dall'ISPRA (2014). Le basi dati riguardano il *database* topografico del Comune di Milano (2012), elaborate con *software* GIS e fogli di calcolo.

La comparazione delle quantità di verde nel quadrante rispetto a quelle presenti nella città ha evidenziato come l'area rappresenti un campione significativo per successive analisi e proposte (Fig. 14). Sono stati misurati due importanti indicatori: la dotazione di verde per abitante (mq/ab) e il numero di alberi per abitante (alberi/ab). La misurazione, di solito utilizzato per le sole aree pubbliche, è stata estesa anche al verde privato in quanto anch'esso contribuisce all'erogazione di servizi ecosistemici. I risultati della misurazione dei due indicatori sono stati riferiti sia alla popolazione dell'intero quadrante, sia agli abitanti dei singoli NIL.

È stata inoltre considerata - quale indicatore della fruibilità degli spazi verdi pubblici - la loro collocazione all'interno di strutture pubbliche accessibili solo in limitate fasce orarie di apertura o solo da alcune categorie di utenza (scuole, case per anziani, cimiteri urbani, etc.).

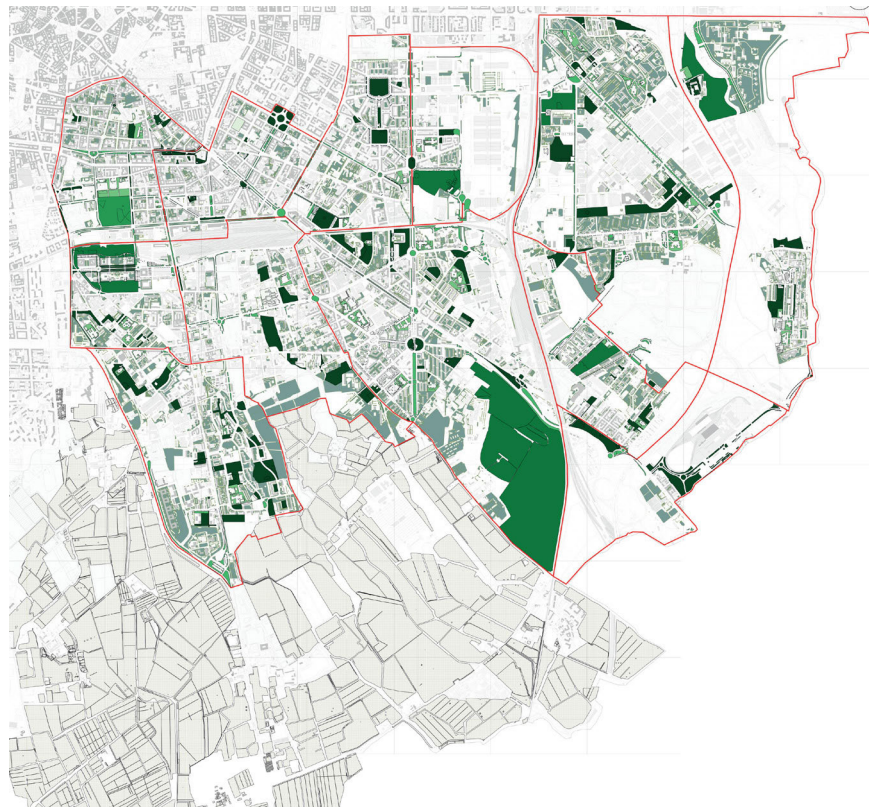


Fig. 13 - Tassonomia e mappatura del verde nella Subarea / *Taxonomy and mapping of greenery in the Sub-area* (Source: Elaboration on data from Comune di Milano).

Analysis of greenery and its accessibility and usability

The quantification of public green areas was drawn up using the topographical database of Comune di Milano updated to 2012 and 2014 (Fig. 13). Moreover, the urban green classifications used by ISTAT (2013) and ISPRA (2014) have been taken into account. The databases concern the topographic database of Comune di Milano (2012), processed with GIS software and spreadsheets.

The comparison of the quantities of greenery in the Sub-area with those present in the city has shown that the area represents a significant sample for subsequent analysis and proposals (Fig. 14). Two indicators were measured: the amount of greenery per inhabitant (sqm/inhabitant) and the number of trees per inhabitant (trees/inhabitant). The measurement applied to public areas was also extended to private green areas. The results of the measurement of the two indicators were referred both to the population of the whole quadrant and to the inhabitants of the individual NILs. Moreover, their location within public facilities accessible only at limited opening hours or only by certain categories of users (schools, homes for the elderly, urban cemeteries, etc.) was considered as an indicator of the usability of public green spaces. The arboreal population of the Sub-area has been analysed as well (Gianni, 2007) (Fig. 15).

Further analysis concerns the accessibility of green areas that Zhang, Lu and Holt (2011) identify as "neighbourhood parks". Their configuration and number represent a relevant factor for the improvement of the quality of life and are one of the bases for assessing improvement needs in terms of new services, infrastructures and green public spaces. Two indicators were used for this purpose: the resident population within a buffer zone of 300 metres measured from the perimeter of parks and gardens (Fig. 16); and the length of the fastest public path to access them (Fig. 17 and 18). These indicators were applied to green areas with a surface area greater than 5,000 sqm. Although these indicators describe the accessibility of urban green areas, the first one is less complete, as it does not consider the presence of any physical and infrastructural barriers limiting the access to green areas. The second is more effective instead (distances equal to 15 minutes or 1,000 metres)⁴, as it takes into account real physical distances.

4 This accessibility indicator was measured through a GIS algorithm (Network Distance) taking as reference the centroids of the 88 parks, the centroids of the blocks making up the Sub-area and the street grid of Comune di Milano. The result determined a matrix of routes from the park's ism-point to the blocks. The identified routes were filtered at the limit value of 1,000 m. (15 min. on foot); on the basis of the number of overlaps, a hierarchy of routes potentially more used to access the public parks was finalised.

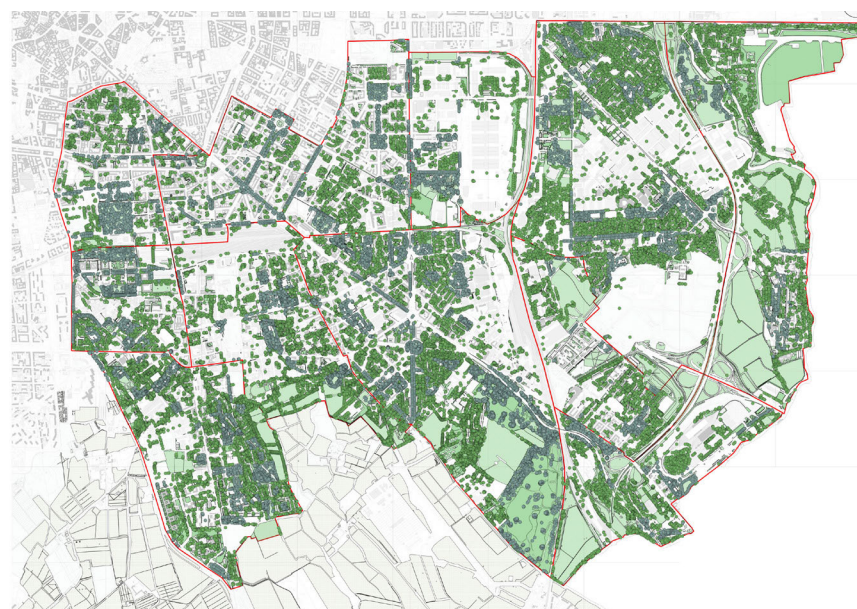
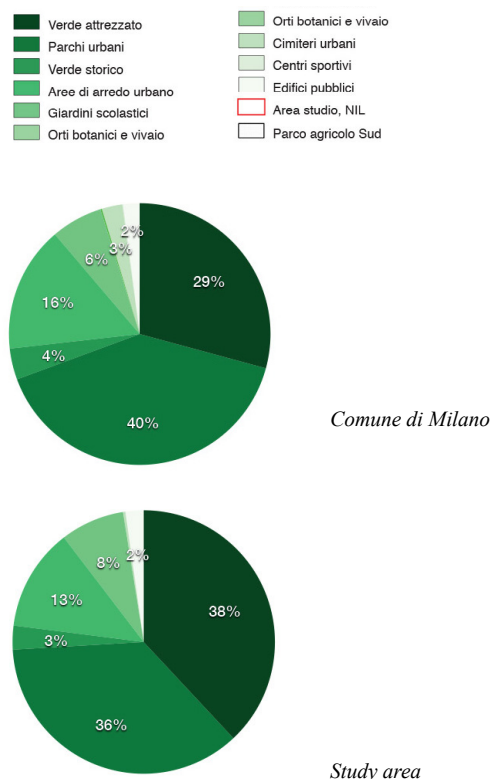


Fig. 15 - Popolazione arborea presente nella Subarea / *Arboreal population present in the Sub-area* (Source: Elaboration on data from Comune di Milano).

È stata inoltre analizzata la popolazione arborea presente nella Subarea (Gianni, 2007) (Fig. 15).

Ulteriori analisi riguardano l'accessibilità alle aree verdi che Zhang, Lu and Holt (2011) identificano come "parchi di vicinato" (*neighbourhood parks*). La loro configurazione e il loro numero rappresentano un fattore rilevante per il miglioramento della qualità della vita e costituiscono una delle basi per valutare le esigenze di miglioramento in termini di nuovi servizi, infrastrutture e spazi pubblici verdi. A tal fine sono stati utilizzati due indicatori: la popolazione residente all'interno di una zona *buffer* di 300 metri misurata a partire dal perimetro di parchi e giardini (Fig. 16); e la durata del percorso pubblico più veloce per accedervi (Figg. 17 e 18). Tali indicatori sono stati applicati alle aree verdi con superficie maggiore di 5.000 mq. Sebbene tali indicatori descrivano l'accessibilità alle aree verdi urbane, il primo risulta meno completo, in quanto non considera la presenza di eventuali barriere fisiche e infrastrutturali (cavalcavia, tracciati ferroviari, strade ad alto scorrimento viario, etc.) che possano di fatto limitare o impedire l'accesso ai parchi o giardini. Più efficace invece il secondo (distanze pari 15 minuti o 1.000 metri)⁴, in quanto tiene conto delle distanze fisiche reali.

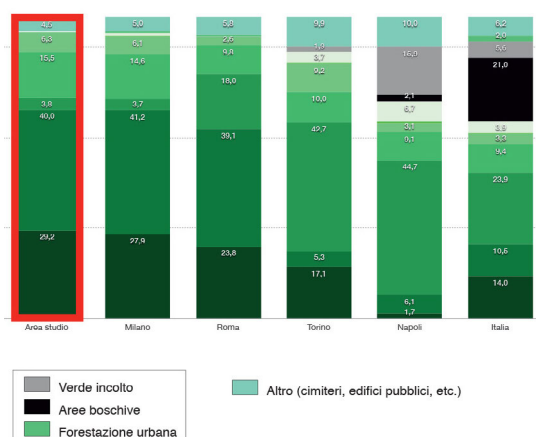


Fig. 14 - Distribuzione della tassonomia delle aree verdi urbane pubbliche, confronto tra Subarea, Comune di Milano e principali città italiane (%) / *Distribution of the taxonomy of public urban green areas, comparison between Sub-area, Comune di Milano and main Italian cities (%)* (Source: Elaboration on data from Comune di Milano and ISTAT).

4 Tale indicatore di accessibilità è stato misurato attraverso un algoritmo GIS (*Network Distance*) prendendo come riferimento i centroidi degli 88 parchi, i centroidi degli isolati costituenti la Subarea e il grado strade del Comune di Milano. Il risultato ha determinato una matrice di percorsi dal punto i-esimo del parco al punto n-esimo dell'isolato. I percorsi individuati sono stati filtrati al valore limite di 1.000 metri (15 minuti a piedi); sulla base del numero di sovrapposizioni è stata definita una gerarchia di percorsi potenzialmente più utilizzata per accedere ai parchi pubblici.

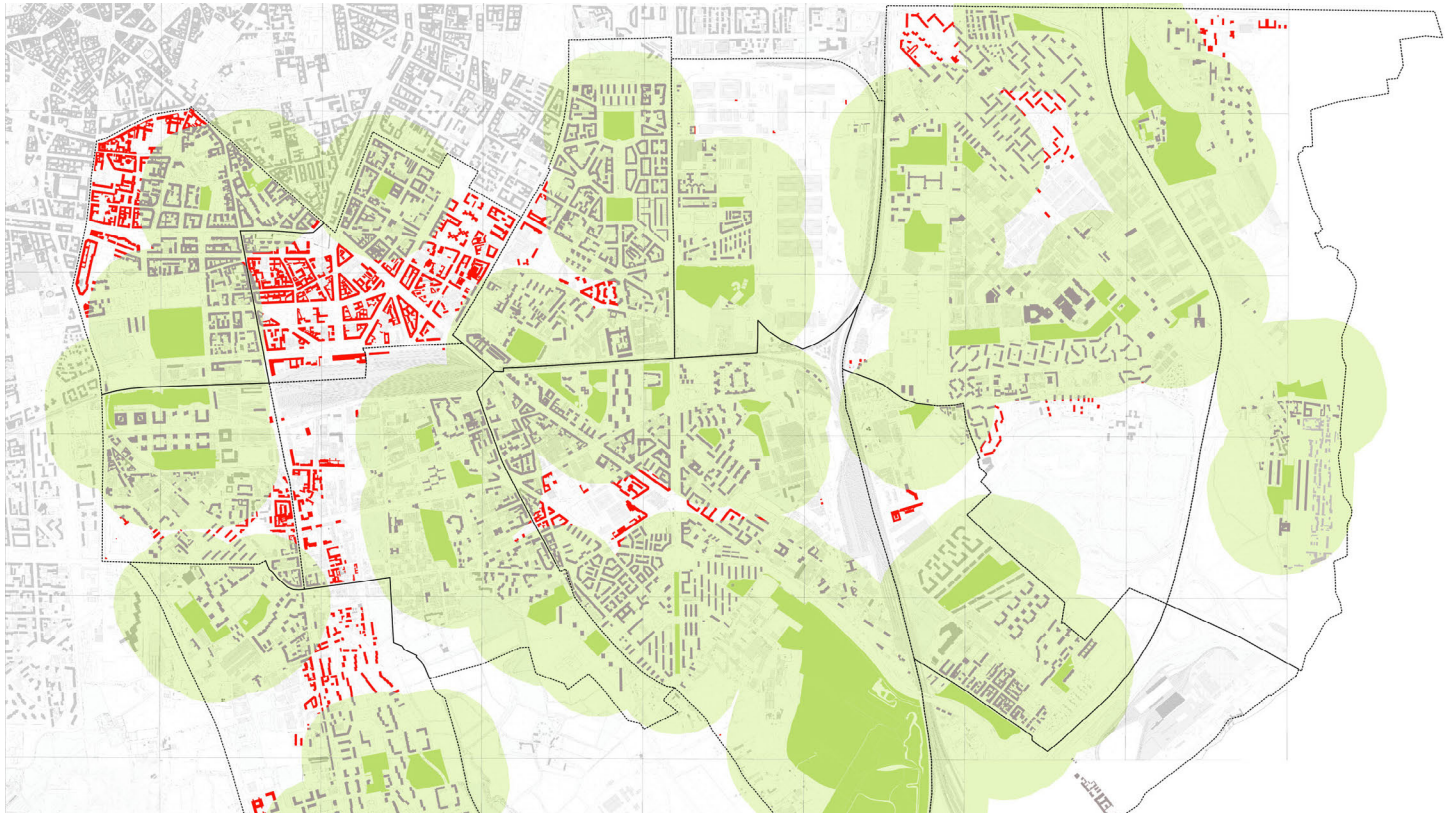


Fig. 16 - Indicatore di accessibilità secondo la tecnica del *buffer*. Esiti delle porzioni di abitato incluse (verde) ed escluse dalla zona *buffer* di 300 metri / *Accessibility indicator according to the buffer technique. Outcome of the inhabited areas included (green) and excluded from the buffer area of 300 meters* (Source: Authors' elaboration).

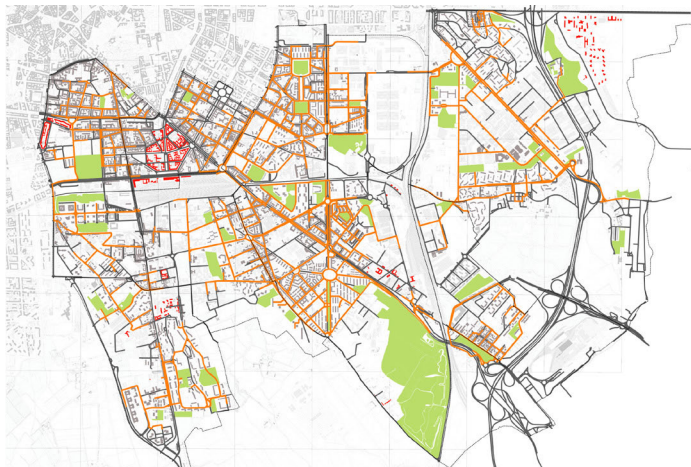


Fig. 17 - Misurazione dell'accessibilità ai parchi sulla base in un tempo \leq di 15 minuti a piedi / *Measurement of accessibility to the parks on the basis in a time of \leq 15 minutes by walking* (Source: Authors' elaboration).



Fig. 18 - Identificazione dei percorsi più utilizzati per l'accesso ai parchi nella Subarea / *Identification of the most used routes for access to the parks in the Sub-area* (Source: Authors' elaboration).

2.2 THE PROPOSED STRATEGIC PLAN FOR THE SUB-AREA

2.2.1 Needs-based framework

The results of the analyses carried out highlight the priority hazards in the Sub-area: *urban heat island*, *air pollution* and partially *pluvial flooding*, with respect to which to identify the mitigation potential deriving from NBS in the processes of environmental requalification. The spatial analyses carried out allowed to obtain two important results in the identification of the public spaces on which to intervene at the planning level: first, they allowed to determine the parts of the public city less equipped from the point of view of green infrastructure and less accessible by the resident population; second, they allowed to highlight the most used public paths to reach the parks and gardens within the reference quadrant.

Parallel to the analysis activity, a participatory path was developed with local administration, stakeholders and associations, in order to identify the priority actions for the requalification of the public space in the Sub-area and in the District, also in light of the environmental hazards found. The definition of the framework was carried out through participatory moments aimed at identifying the demand as well as enhancing the multifunctional dimension of NBS, for an overall increase in environmental and user quality levels⁵ (Schiaffonati, 2017; UCTAT, 2020).

This methodology highlighted as a priority of intervention the system of South-East/North-West and East-West routes: the first one refers to the Rogoredo-overpass Corvetto-Piazzale Corvetto node; the second to Rogoredo-Toffetti-Sulmona-Bacchiglione-Brenta-Ortles node. The following critical points emerged:

- structural problems and under-sizing of the Rogoredo station;
- traffic problems and interferences with slow-mobility in the multi-level node of Piazzale Corvetto-Piazzale Bologna, also recognised as a priority by the PUMS;
- low environmental and user-friendliness of the public space system in the square of Rogoredo and along the streets Toffetti-Sulmona-Bacchiglione-Brenta-Ortles, on which there are, to the North and South, important historically consolidated neighbourhoods and areas of imminent transformation.

5 In particular, collaboration with the UCTAT association, Urban Curator Tecnologia Architettura Territorio, which brings together academia and professionals, which has been collaborating for several years with Municipi 4 and 5. There have been several meetings with citizens and stakeholders through workshops and conferences.

2.2 LA PROPOSTA DI PIANO STRATEGICO PER LA SUBAREA

2.2.1 Quadro esigenziale

Le risultanze delle analisi svolte evidenziano gli *hazard* prioritari nella Subarea: *urban heat island*, *air pollution* e parzialmente *pluvial flooding*, rispetto ai quali individuare il potenziale di mitigazione derivante dall'impiego delle NBS nei processi di riqualificazione ambientale e fruitiva delle componenti dello spazio pubblico maggiormente critiche sotto il profilo climatico-ambientale e fruitivo. Le analisi spaziali condotte hanno permesso di ottenere due importanti risultati nell'individuazione degli spazi pubblici sui quali intervenire a livello progettuale: in primo luogo hanno consentito di determinare le parti della città pubblica meno dotate dal punto di vista dell'infrastrutturazione verde e meno accessibili dalla popolazione residente; in secondo luogo hanno permesso di evidenziare i percorsi pubblici più utilizzati per raggiungere i parchi e i giardini all'interno del quadrante di riferimento.

Parallelamente all'attività di analisi, è stato avviato un percorso di partecipazione con *stakeholder* e associazioni che operano nel territorio di riferimento, e con l'Amministrazione locale (Municipio 4), al fine di individuare le azioni prioritarie di riqualificazione dello spazio pubblico nella Subarea e nel Distretto, anche sulla base degli *hazard* ambientali riscontrati. La definizione del quadro esigenziale è stata operata attraverso *audit* e momenti partecipativi finalizzati a individuare la domanda di progetto, con l'obiettivo di valorizzare la dimensione multifunzionale delle NBS attraverso strategie di mitigazione e adattamento e per un complessivo incremento dei livelli di qualità ambientale e fruitiva⁵ (Schiaffonati, 2017; UCTAT, 2020).

Questo percorso metodologico ha permesso di evidenziare quale priorità di intervento alla scala della Subarea il sistema delle direttrici sud-est/nord-ovest ed est/ovest: la prima è riferita al nodo di Rogoredo-cavalcavia Corvetto-piazzale Corvetto; la seconda al sistema di spazi pubblici nodo di Rogoredo-Toffetti-Sulmona-Bacchiglione-Brenta-Ortles. Sono emerse le seguenti criticità:

- problemi strutturali e di sottodimensionamento del nodo di interscambio della stazione di Rogoredo;
- problemi viabilistici e di commistione tra mobilità su gomma e mobilità dolce nel nodo multilivello di piazzale Corvetto-piazzale Bologna, riconosciuti come prioritari anche dal PUMS che individua alternative aperte (demolizione totale o parziale del cavalcavia);
- bassa quantità ambientale e fruitiva del sistema di spazi pubblici relativi alla piazza di Rogoredo e lungo le vie Toffetti-Sulmona-Bacchiglione-Brenta-Ortles, sulle quali si attestano, a nord e a sud, importanti quartieri storicamente consolidati e aree di prossima trasformazione.

5 In particolare, la collaborazione con l'associazione UCTAT, Urban Curator Tecnologia Architettura Territorio, che raccoglie al suo interno figure provenienti dal mondo accademico e dalla professione, e che da diversi anni collabora con i Municipi 4 e 5. Diversi sono stati i momenti di confronto con la cittadinanza e gli *stakeholder* attraverso l'organizzazione di *workshop* e convegni.

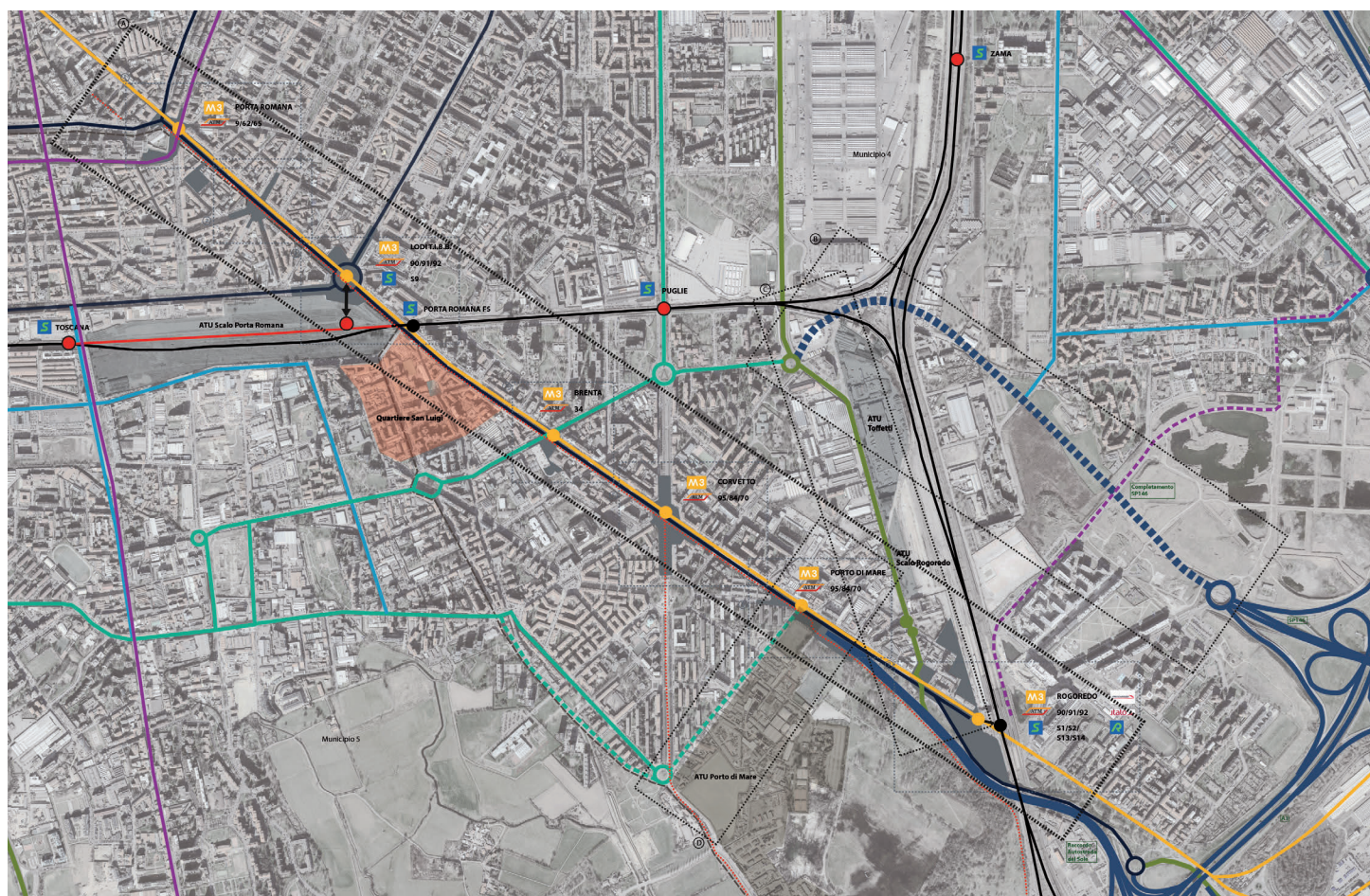


Fig. 19 - Prima ipotesi di riassetto del sistema infrastrutturale / *First hypothesis of the infrastructural system resettlement* (Source: Authors' elaboration).

2.2.2 Strategie e azioni

Lo scenario trasformativo prefigurato dal piano strategico si struttura attraverso azioni chiave (soggetti coinvolti, risorse considerate, *management* temporale degli interventi, benefici ambientali conseguiti, ricadute socio-economiche) (Bertuglia et al., 2004; Antonini & Tucci, 2017) e progetti emblematici rispetto ad alcune casistiche di spazio pubblico (comparti, aste, nodi). La riflessione progettuale punta a integrare aspetti analitici, quantificazioni, stime e proposte operative a supporto dell'attuazione di una strategia di incremento della qualità ambientale dello spazio pubblico in un quadrante urbano particolarmente delicato, per la posizione di confine tra tessuto urbano consolidato e sistema agricolo (Mussinelli et al., 2018c); la dimensione ambientale rappresenta qui un fattore di primaria importanza, per valorizzare i caratteri identitari e gli elementi di qualità paesaggistica preesistenti, contrastando quei processi erosivi e le dinamiche di conurbazione indifferenziata che si sono spesso manifestati in contesti analoghi, e che anche in questa realtà hanno visto la recente realizzazione di episodi insediativi isolati e sconnessi. Per evitare questa deriva risulta necessario pianificare azioni sinergiche in grado di

2.2.2 Strategies and actions

The transformative scenario envisaged by the strategic plan is structured through key actions (subjects involved, resources considered, time management of the interventions, environmental benefits achieved, socio-economic effects) (Bertuglia et al., 2004; Antonini & Tucci, 2017) and emblematic projects with respect to some public space cases (sectors, axes, nodes). The project reflection aims at integrating analytical aspects, quantifications, estimates and operational proposals to support the implementation of a strategy to increase the environmental quality of public space in a particularly delicate urban quadrant, due to the border position between the consolidated urban fabric and the agricultural system (Mussinelli et al., 2018c); the environmental dimension represents a factor of primary importance, in order to enhance the pre-existing identity features and landscape elements, contrasting those erosive processes and the dynamics of undifferentiated conurba-

tion that have often manifested themselves in similar contexts that also in this reality recently have taken place. In order to avoid this drift, it is necessary to plan synergic actions capable of qualifying the elements of the public space and the routes, so as to increase the level of use of the area, while containing and mitigating the factors of degradation and environmental impact.

The road network redevelopment scheme is aimed at further integrating public space and infrastructural elements, mitigating the environmental impacts, through four interconnected interventions: the demolition (or redevelopment) of the overpass in Piazzale Corvetto, the construction of a new junction near Porto di Mare and the upgrade/requalification of Via Toffetti (Fig. 19). As regards settlement strategies, the master plan identifies some priority areas for intervention: the transformation of Porta Romana railway yard, also envisaging a new temporary cycle-pedestrian walkway; the requalification of the public space along the Corso di Porta Romana-Corso Lodi axis, up to Rogoredo Square, the new South-Eastern gate of the city; the regeneration of Rogoredo Airport and the Urban Transformation Area (now Environmental Regeneration Area) Toffetti and the placement of a major urban function - a new swimming facility - in the area (UCTAT, 2017).

The design approach reconfigures the Sub-area plant starting from the linear axis Rogoredo-overpass/Piazzale Corvetto, intervening both in the redevelopment of the pole and in the succession of places, recognisable nodes of intersection with the wider urban system. These junctions have been analyzed and, in some cases, identified for environmental requalification. From a methodological viewpoint, the master plan connects the results of the analysis and the decisions made through the pilot projects, according to themes explored for the ecosystem quality aspects and for their correlations to health and wellbeing matters. The spatial analyses enabled obtaining two main results: first, they facilitated detecting the parts of the public city less equipped with green infrastructure and less accessible to the residents; secondly, they made it possible to highlight the most used public routes to reach parks and gardens within the reference quadrant. It is clear the strategic significance of two important connection systems: the Rogoredo-Corvetto-Lodi-Romana radial connection axis and the Toffetti-Sulmona-Bacchiglione-Ortles tangential axis, a system that notes the almost total absence of green infrastructures in connection with high pollution due to vehicular traffic (in terms of number of cars/h and levels of congestion) and strong solar exposure during the summer.

Finally, a potential environmental reconnection of the public space with reference to the peri-urban green belt (Gallent & Shaw, 2007) (Porto di Mare park, green areas adjacent to the Nosedo treatment plant and the Chiaravalle abbey, part of the Parco Agricolo Sud Milano adjacent to Via Ripamonti) has been detected; this fringe area represents one of the most significant ecological links

qualificare e mettere a sistema gli elementi dello spazio pubblico e le percorrenze, in modo da incrementare il livello di fruizione dell'area nel suo complesso, contenendo al contempo e mitigando i fattori di degrado e di impatto ambientale.

Lo schema di riassetto della viabilità proposto è finalizzato a integrare maggiormente lo spazio pubblico e gli elementi infrastrutturali, mitigando l'impatto ambientale da questi prodotto, attraverso quattro interventi tra loro interconnessi: la demolizione o la riqualificazione del cavalcavia di piazzale Corvetto, la realizzazione di un nuovo svincolo in prossimità di Porto di Mare e il potenziamento/la riqualificazione di via Toffetti (Fig. 19).

Per quanto concerne le strategie insediative, il *masterplan* individua alcuni ambiti prioritari di intervento: la trasformazione dello scalo di Porta Romana, anche prevedendo una nuova passerella ciclopedonale temporanea; la riqualificazione dello spazio pubblico lungo l'asse di corso di Porta Romana-corso Lodi, sino alla piazza di Rogoredo, nuova porta sud-est della città; la rigenerazione dello scalo di Rogoredo e dell'Ambito di trasformazione urbana (ora Area di rigenerazione ambientale) Toffetti e la collocazione di una grade funzione urbana - un nuovo impianto natatorio - nell'area di Porto di Mare (UCTAT, 2017).

L'approccio progettuale riconfigura l'impianto della Subarea a partire dall'asse lineare Rogoredo-cavalcavia/piazzale Corvetto, intervenendo sia nella riqualificazione dell'asta, sia nella successione di luoghi, nodi riconoscibili di intersezione con il più ampio sistema urbano. Tali nodi (stazione FS Rogoredo, Porto di Mare, piazzale Corvetto, incrocio Brenta-corso Lodi) sono stati oggetto di analisi e, in alcuni casi, di proposte di riqualificazione ambientale e fruitiva.

Dal punto di vista metodologico, il *masterplan* raccorda gli esiti dell'analisi e le scelte operate nei progetti pilota (più oltre descritti nel dettaglio), secondo temi indagati sia per gli aspetti della qualità ecosistemica, sia per le loro correlazioni alle problematiche della salute e del benessere.

Le analisi spaziali condotte hanno permesso di ottenere due importanti risultati nell'individuazione degli spazi pubblici sui quali intervenire a livello progettuale: in primo luogo hanno consentito di determinare le parti della città pubblica meno dotate di infrastrutturazione verde e meno accessibili alla popolazione residente; in secondo luogo hanno permesso di evidenziare i percorsi pubblici più utilizzati per raggiungere parchi e giardini all'interno del quadrante di riferimento. Emerge con chiarezza la rilevanza strategica di due importanti sistemi di connessione dello spazio pubblico: l'asse di collegamento radiale Rogoredo-Corvetto-Lodi-Romana e l'asse tangenziale di Toffetti-Sulmona-Bacchiglione-Ortles, un sistema che registra la quasi totale mancanza di infrastrutture verdi a fronte di un alto inquinamento dovuto al traffico veicolare (sia per numero di automobili/h che per livelli di congestione) e di una forte esposizione solare durante i periodi estivi.

È stata infine individuata una potenziale riconnessione ambientale dello spazio pubblico riferita alla cintura verde periurbana (Gallent & Shaw, 2007) (parco di Porto di Mare, aree verdi adiacenti al depuratore di Nosedo e all'abbazia di Chiaravalle, porzione di Parco Agricolo Sud Milano adiacente a via Ripamonti); quest'area di frangia rappresenta una delle più importanti connessioni ecologiche tra la città e le aree a forte vocazione agricola del sud Milano.

In questo contesto, le analisi effettuate sul sistema delle connessioni della mobilità dolce (verifica della rete ciclopedonale e presenza di viali alberati lungo le strade interpoderali) e sulla qualità dei terreni agricoli (presenza di tare e aree



Fig. 20 - *Masterplan* della riqualificazione ambientale e fruitiva della Subarea / *Master plan of the environmental and usable redevelopment of the Sub-area* (Source: Authors' elaboration).

non coltivate) hanno permesso di individuare una zona *buffer* di potenziale connessione tra le importanti preesistenze storico-ambientali e tra le aree utilizzate per lo sviluppo di importanti progetti (OpenAgri, parco di Porto di Mare).

La proposta progettuale sintetizzata nel *masterplan* individua tre tipologie di infrastrutture verdi (Fig. 20): le infrastrutture verdi di primo livello, con un grado di infrastrutturazione complesso (doppio filare alberato in sede propria, biobacini, pavimentazioni permeabili per la realizzazione di piste ciclopedonali, sistemi *smart* per lo stoccaggio delle acque meteoriche e per l'approvvigionamento energetico dei veicoli elettrici quali biciclette e motocicli), proposta principalmente per l'asse Rogoredo-Corvetto-Lodi-Romana; quelle di secondo livello, costituite da alberature e biobacini (costruiti con differenti essenze arboree in grado di intercettare il deflusso delle acque e produrre una schermatura capace di assorbire gli

between the city and the areas with a strong agricultural vocation in Southern Milan. In this context, the analyses on the system of connections of slow mobility and on the quality of agricultural land have enabled to pinpoint a potential connection between the valuable historical-environmental pre-existing structures and important undergoing projects (OpenAgri, Porto di Mare park).

The project proposal summarized in the master plan identifies three categories of GI (Fig. 20): first-level green infrastructures, with a complex degree of infrastructure (double row of trees in their own premises, bio-basins, permeable pavements for the construction of cycle-pedestrian paths, smart systems for rainwater storage and for the energy supply of electric vehicles such as bi-

| INFRASTRUTTURE VERDI I LIVELLO ANALISI PRELIMINARE DELLE QUANTITA' | | | | | |
|--|--------------------------|--|--|-------------------------------------|---|
| | Piantumazione | Biofiltri drenanti | Arredo Verde | Pavimentazioni e drenante | Arredo Urbano Energetico |
| RIQUALIFICAZIONE ASSE ROGOREDO - CORVETTO - BOLOGNA | Alberi in parco | Vasche di laminazione e drenaggio lungo i bordi | Filtro vegetale | Piste ciclopedonali - aree di sosta | Pensilina multifunzione |
| AREA VERDE ROGOREDO | 1 albero ogni 60 mq. ca. | Pari a 20% Area ca. | 3ml. X 4ml. X 0,6ml. | Pari a 10% Area ca. | |
| QUANTITA' | 313 | 3758 | 5 | 1880 | 4 |
| TRATTO ROGOREDO - CORVETTO | Alberi in filare doppio | Vasche di laminazione e drenaggio lungo i bordi | Filtro vegetale | Piste ciclopedonali - aree di sosta | Pensilina multifunzione |
| | 1 albero ogni 10 ml. ca. | Pari a 30% Area ca. | 3ml. X 4ml. X 0,6ml. | Pari a lunghezza tratto (ml.). | |
| QUANTITA' | 110 | 2047 | 5 | 1490 | 6 |
| AREA VERDE CORVETTO | Alberi in giardino | Vasche di laminazione e drenaggio lungo i bordi | Filtro vegetale | Piste ciclopedonali | |
| | 1 albero ogni 40 mq. ca. | | 3ml. X 4ml. X 0,6ml. | Pari a 10% Area ca. | |
| QUANTITA' | 39 | | 3 | 150 | |
| TRATTO CORVETTO - BOLOGNA | Alberi in filare doppio | Vasche di laminazione e drenaggio lungo i bordi | Filtro vegetale | Piste ciclopedonali - aree di sosta | Pensilina multifunzione |
| | 1 albero ogni 10 ml. ca. | | 3ml. X 4ml. X 0,6ml. | Pari a lunghezza tratto (ml.). | |
| QUANTITA' | 80 | 2013 | 5 | 1490 | 6 |
| | Piantumazione | Biofiltri drenanti | Arredo Verde | Pavimentazioni e drenante | Arredo Urbano Energetico |
| PORTA ROMANA USI TEMPORANEI | Alberi in vaso | | Filtro vegetale | | Pensilina multifunzione |
| AREA VIVAIO TEMPORANEO | 1 albero ogni 15 mq. ca. | | 3ml. X 4ml. X 0,6ml. | | |
| QUANTITA' | 1200 | | 3 | 1800 | |
| AREA PER MANIFESTAZIONI E CONCERTI | 1 albero ogni 50 mq. ca. | | | | |
| QUANTITA' | 540 | | 4 | 3500 | 3 |
| CARATTERISTICHE - PRESTAZIONI | Diametro tronco > 10 cm | Indice di run off > 0,60 . Composizione sedum assorbente e siepi ad alto assorbimento PM10 | City Trees (caratteristiche di assorbimento) in fase di sperimentazione e a MODENA | Indice di run off > 0,50 . | Produzione Energetica pari a 1.5 KWh di picco. Impianto fotovoltaico a concentratori solari su superfici traslucide |
| | PIANTE (Numero) | BIOFILTRI DRENANTI (mq.) | ARREDO VERDE (Numero) | PAVIMENTAZIONE DRENANTE (mq.) | ARREDO URBANO FOTOVOLTAICO (Numero) |
| TOTALI | 2282 | 7818 | 25 | 10310 | 16 |
| Prunus (50%) | 1141 | | | | |
| Acerus Campester (20%) | 456 | | | | |
| Ulmus (30%) | 685 | | | | |

Fig. 21 - Analisi preliminare della quantità delle infrastrutture di I livello / Preliminary analysis of the quantities of the I level infrastructures (Source: Authors' elaboration).

inquinanti aerei provenienti dal traffico veicolare stradale) e piste ciclopedonali ai margini dei marciapiedi, proposte lungo l'asse Toffetti-Sulmona-Bacchiglione-Ortles; e quelle di terzo livello, costituite da filari alberati a supporto di piste ciclopedonali di interconnessione tra il sistema radiale e tangenziale. Per le infrastrutture di primo e secondo livello sono state progettate sezioni tipo e sono state computate preliminarmente le quantità di progetto.

A supporto del sistema dei parchi e dei giardini (che i tre livelli di infrastrutture collegano e valorizzano) il *masterplan* propone la configurazione di un parco di cintura, multi-funzionale e multi-produttivo: una nuova infrastruttura verde che collega il nuovo parco di Porto di Mare a est con via Ripamonti a ovest, implementando inoltre il sistema naturalistico ambientale posto nei pressi del depuratore di Nosedo con le esperienze di agricoltura innovativa e inclusiva del progetto OpenAgri.

Sia a livello di *masterplan* che di singoli progetti pilota è stata sviluppata una valutazione quantitativa dei benefici ambientali prodotti dai servizi ecosistemici delle infrastrutture verdi progettate, attraverso l'utilizzo di indicatori. Rispetto agli obiettivi di progetto sono stati considerati e misurati alcuni tra i più importanti servizi ecosistemici di regolazione: quelli inerenti alla riduzione degli inquinanti aerei, quelli finalizzati alla riduzione del deflusso delle acque in caso di eventi atmosferici acuti, quelli relativi alla capacità di riduzione della temperatura (in termini di riduzione di energia elettrica usata per l'utilizzo di condizionatori) e quelli legati al contrasto al cambiamento climatico (riduzione della CO₂ e della CO₂eq). Per la misurazione degli indicatori è stato costruito e utilizzato un *set* di valori associato alle NBS (piantumazione di alberi e realizzazione di biobacini) costituenti le infrastrutture verdi di progetto (Fig. 21).

Per quanto concerne la riduzione degli inquinanti aerei e per il sequestro della CO₂, si è proceduto all'applicazione di modelli (UFORE) elaborati attraverso *software* specifici (i-Tree e i-Tree Design). Gli esiti hanno contribuito a produrre valori tabellari definiti secondo una scala temporale di crescita delle piantumazioni proposte. I valori elaborati, pur non ancora validati da misurazioni strumentali, sono stati ritenuti sufficientemente affidabili ai fini progettuali. Riguardo alla capacità di ritenzione idrica dei biobacini si è assunto un indice medio di *runoff* pari 0,6, mentre per la capacità di riduzione degli inquinanti aerei sono stati utilizzati i valori espressi dalla *Forest Service Tree Guides*, considerando il biobacino arricchito con arbusti a basso e medio fusto.

Definite le quantità preliminari riguardanti le tre tipologie di infrastrutture verdi di progetto (primo e secondo livello e parco di cintura), si è proceduto alla quantificazione dei benefici ambientali. Gli algoritmi (equazioni ambientali) utilizzati per la quantificazione sono quelli proposti dal Center for Neighborhood Technology (CNT) per determinare il valore dei servizi ecosistemici associati alle infrastrutture verdi in ambito urbano.

Rispetto a tutti gli algoritmi proposti nella pubblicazione *The Value of Green Infrastructures*, si sono scelti quelli riguardanti la determinazione dei benefici ambientali diretti e indiretti (economici) derivanti dalla piantumazione (*tree planting*) e dalla costruzione di biobacini (*bioswales*). Gli indicatori utilizzati (Fig. 22 e 23) hanno quindi riguardato l'intercettazione delle acque piovane, la riduzione dei principali inquinanti aerei (NO₂, SO₂, O₃ e PM10) e la cattura e lo stoccaggio di anidride carbonica (CO₂).

Sequestro inquinanti da piantumazione (KG/ANNO)

| | N. piante | CO ₂ | OZONO | NO ₂ | SO ₂ | PM-10 |
|------------------|---------------|----------------------|--------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Prunus | 3043 | 214867,5219 | 276,0563164 | 869,5774176 | 579,7182784 | 358,873162 |
| Acer Campester | 2050 | 246032,8087 | 185,9728717 | 585,81456 | 390,54304 | 241,7647 |
| Ulmus | 2382 | 424446,7378 | 216,0914051 | 680,6879424 | 453,7919616 | 280,918788 |
| Ginko Biloba | 1389 | 177814,2299 | 126,0079604 | 36,00843799 | 264,6167232 | 163,810326 |
| Carpinus betulus | 1389 | 188926,2299 | 126,0079604 | 36,00843799 | 264,6167232 | 163,810326 |
| TOTALI | 10.253 | 1.252.087,528 | 930,1365139 | 2.208,096796 | 1.953,286726 | 1.209,177302 |

Intercettazione (L/ANNO)

| | Acqua piovana | KWH risparmiati | Litri non trattati in depuratore |
|------------------|-------------------|-----------------|----------------------------------|
| Prunus | 12.984.481 | 182.580 | 12.984.481 |
| Acer Campester | 8.747.350 | 123.000 | 8.747.350 |
| Ulmus | 10.163.994 | 142.920 | 10.163.994 |
| Ginko Biloba | 5.926.863 | 83.340 | 5.926.863 |
| Carpinus betulus | 5.926.863 | 83.340 | 5.926.863 |
| TOTALI | 43.749.551 | 615.180 | 43.749.551 |

Sequestro inquinanti da bio bacini di ritenzione

| | Area captante (mq) | Indice di Runoff | Media precip (l) | Intercettazione (l) |
|------------------|--------------------|------------------|------------------|---------------------|
| INFR. I LIVELLO | 18.128 | 0,6 | 0,942 | 10.245,9456 |
| INFR. II LIVELLO | 26.117 | 0,6 | 0,942 | 14.761,3284 |
| TOTALI | 44.245 | | | 25.007,274 |

Fig. 22 - Quantificazione dei benefici ambientali diretti (estratto) / *Quantification of direct environmental benefits (extract)* (Source: Authors' Elaboration).

Risparmio (costo energia in raffrescamento estivo) da piantumazione alberi (filare o parco)

| | N. alberi piantati | KWH ora risp. per albero | KWH risp. (KWH/anno) | Costo KWH (€ media) | Risparmio (€/anno) |
|------------|--------------------|--------------------------|----------------------|---------------------|---------------------|
| ALBERATURE | 10.253 | 60 | 615.180,00 | 0,17 | 104.580,60 € |

Risparmio dovuto al mancato trattamento acque meteoriche in depuratore da piantumazione alberi

| | Acqua ritenuta dall'infrastruttura verde (l) | Costo del trattamento dell'acqua un depuratore (€/l) | Risparmio (€/anno) |
|------------|--|--|--------------------|
| ALBERATURE | 43.749.551 | 0,0004 | 17.499,82 € |

Risparmio dovuto alla riduzione azioni per miglioramento della qualità dell'aria da piantumazione alberi

| | U.M. | Ozono | NO ₂ | SO ₂ | PM-10 |
|------------|------|--------------|-----------------|-----------------|--------------------|
| ALBERATURE | KG | 2.208,096796 | 1.953,286726 | 1.209,177302 | 1.209,177302 |
| | €/KG | 6,4 | 6,4 | 3,93 | 5,43 |
| | € | 14.131,81949 | 12.501,03505 | 4.752,066797 | 6.565,066797 |
| | | | | | 37.950,75 € |

Risparmio dovuto al mancato trattamento delle acque in depuratore da bio bacini di ritenzione

| | Acqua ritenuta dall'infrastruttura verde (l) | Costo del trattamento dell'acqua un depuratore (€/l) | Risparmio (€/anno) |
|------------|--|--|--------------------|
| BIO BACINI | 25.007 | 0,0004 | 10,00 € |

Risparmio dovuto alla riduzione azioni per miglioramento della qualità dell'aria da bio bacini di ritenzione

| | U.M. | Ozono | NO ₂ | SO ₂ | PM-10 |
|------------|------|------------|-----------------|-----------------|--------------------|
| BIO BACINI | KG | 1.570,6975 | 424,752 | 141,584 | 92,9145 |
| | €/KG | 6,4 | 6,4 | 3,93 | 5,43 |
| | € | 10.052,464 | 2.718,4128 | 556,42512 | 504,525735 |
| | | | | | 13.831,83 € |

Fig. 23 - Quantificazione dei benefici indiretti (estratto) / *Quantification of indirect environmental benefits (extract)* (Source: Authors' elaboration).

cycles and motorcycles), mainly proposed for the Rogoredo-Corvetto-Lodi-Romana axis; second level ones, consisting of trees and bio-basins (built with different tree species capable of intercepting the flow of water and producing a screening that can absorb air pollutants from road traffic) and cycle-pedestrian paths at the border of the sidewalks, proposed along the Toffetti-Sulmona-Bacchiglione-Ortles axis; and, the third level ones, consisting of tree-lined rows supporting cycle-pedestrian paths connecting the radial and tangential system. For the first and second level infrastructures, standard sections have been designed and the project quantities were preliminarily calculated. To support the system of parks and gardens, the master plan includes a belt park: a new green infrastructure connecting the Porto di Mare park to Via Ripamonti, also implementing the environmental naturalistic system located near the Nosedo treatment plant, with the innovative and inclusive agriculture experiences of the OpenAgri project.

A quantitative assessment of the environmental benefits of the planned GI was developed both at the level of the master plan and of individual pilot projects. With respect to the project purposes, some of the most significant ecosystem regulation services have been considered and measured: reduction of air pollutants, reduction of runoff, reduction of temperature (in terms of reduction of electricity used for air conditioners) and those related to contrast climate change (reduction of CO₂ and CO₂eq). To measure the indicators, a set of values associated to the NBS forming the green infrastructure of the project, was constructed and used (Fig. 21). With respect to the reduction of air pollutants and the capture of CO₂, models (UFORE) developed through specific software (i-Tree and i-Tree Design) were applied. The findings contributed to the production of table values defined according to a time scale of growth of trees. With regards to the water retention capacity of the bio-basins, an average runoff index of 0.6 was assumed, while for the air pollutants reduction, the values expressed by the Forest Service Tree Guides were used, considering the bio-basin enriched with low and medium stem shrubs. Once defined the preliminary quantities regarding the three categories of GI (first and second level and, belt park), the environmental benefits were quantified. The algorithms employed for the quantification are those proposed by the Center for Neighborhood Technology (CNT), to assess the value of ecosystem services associated with green infrastructures in urban areas. Compared to all the algorithms proposed in the publication The Value of Green Infrastructures, those concerning the determination of the direct and indirect (economic) environmental benefits deriving from tree planting and the construction of bio-basins (bioswales) have been selected. The indicators used (Fig. 22 and 23) concerned the rainwater interception, the air pollutants reduction (NO₂, SO₂, O₃ and PM10) and the capture of carbon dioxide (CO₂).

2.3 DESIGN EXPERIMENTATIONS ON OPEN PUBLIC SPACE: DEMONSTRATION PROJECTS

The demonstration projects pertain to four areas identified for their distinctive relevance within the Sub-area, all located within the Lodi-Corvetto District, notably (Fig. 24):

- Area of urban transformation - Rogoredo-Toffetti;
- Homogeneous neighbourhood - San Luigi neighbourhood;
- Node-Axe - Rogoredo-overpass-Piazzale Corvetto;
- Axe - Viale Brenta;

for each of which site-specific analyses have been developed, with explorations relating to urban, environmental, social and usability characteristics, with the purpose of defining and quantifying the criticalities relating to the hazards pinpointed (heat island; atmospheric pollution; water; climate change/CO₂eq) and the usability and accessibility objectives. The hypotheses were defined at the technological, environmental and material level, and finally evaluated by quantifying the achievable benefits, in terms of adaptive response and urban regeneration. The pilot projects, while referring to the complex system of SSP (Systems of Public Spaces), transcend the taxonomy above described, underlining the complexity of the relationships that support the construction of urban space.

2.3 SPERIMENTAZIONI PROGETTUALI SULLO SPAZIO PUBBLICO APERTO: PROGETTI DIMOSTRATORI

I progetti dimostratori interessano quattro ambiti individuati per la loro particolare rilevanza all'interno della Subarea, tutti collocati all'interno del Distretto Lodi-Corvetto, e precisamente (Fig. 24):

- Ambito di trasformazione - Rogoredo-Toffetti;
- Quartiere omogeneo - quartiere San Luigi;
- Nodo-Asta - Rogoredo-cavalcavia-piazzale Corvetto;
- Asta - viale Brenta;

per ognuno dei quali sono state sviluppate analisi *site-specific*, con approfondimenti relativi alle caratteristiche urbane, ambientali, sociali e fruibili dello spazio pubblico, al fine di definire e ove possibile quantificare le criticità relative agli *hazard* individuati (isola di calore; inquinamento atmosferico; acque; *climate change*/CO₂eq) e agli obiettivi di fruibilità e accessibilità. Le ipotesi progettuali sono state definite a livello di soluzioni tecnologico-ambientali, tecniche e materiche, anche con la comparazione di possibili alternative, e infine valutate quantificando i benefici conseguibili, in termini di risposta adattiva e di rigenerazione urbana.

I progetti dimostratori (*pilot project*), pur riferiti al sistema complesso di SSP (Sistemi di Spazi Pubblici), valicano la tassonomia descritta puntualmente nei paragrafi precedenti, sottolineando la complessità delle relazioni che sorreggono la costruzione dello spazio urbano.

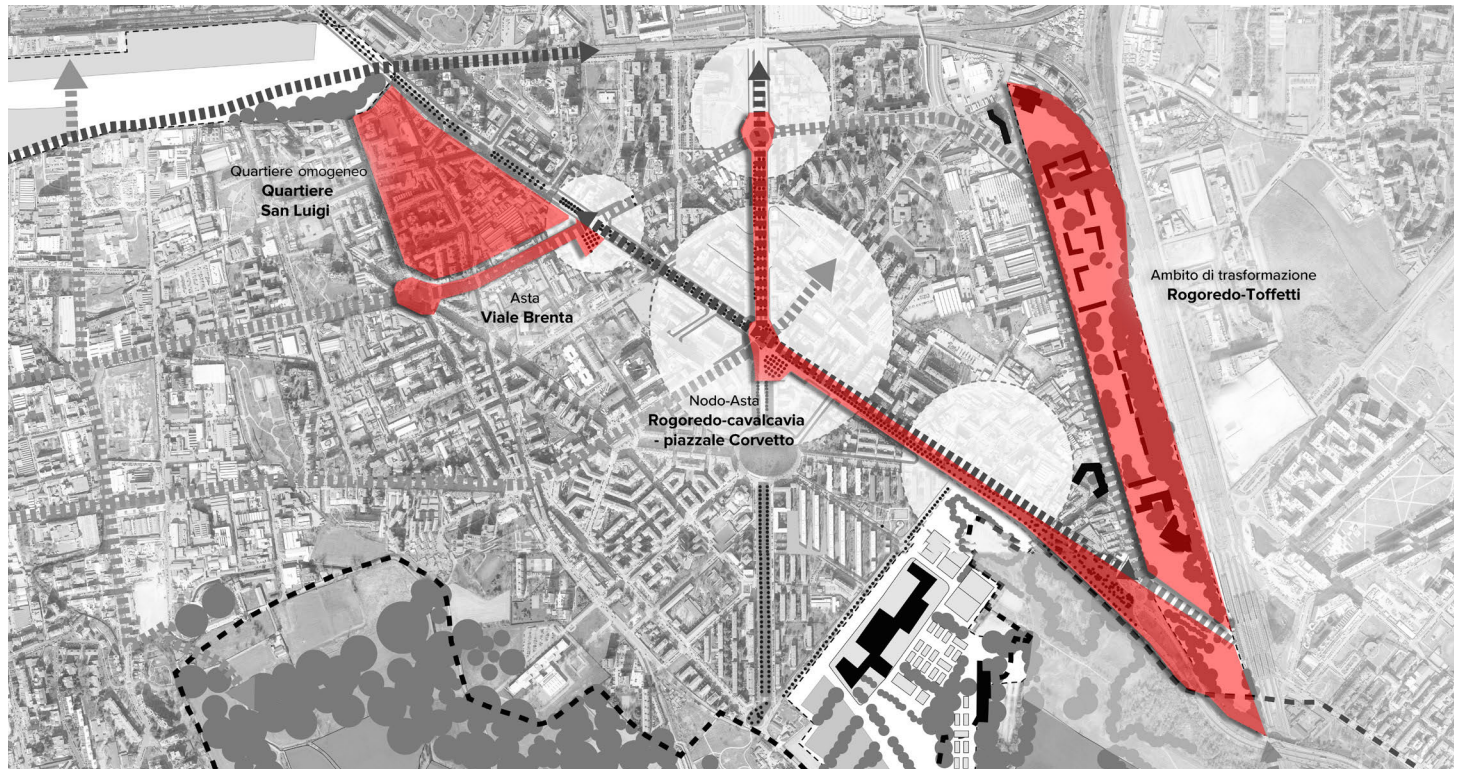


Fig. 24 - Masterplan con l'identificazione dei progetti pilota / Master plan with detection of pilot projects (Source: Authors' elaboration).

2.3.1 Ambito di trasformazione: Rogoredo-Toffetti

Il comparto, che comprende lo scalo ferroviario dismesso e l'Ambito di trasformazione urbana Toffetti (poi riclassificato dal PGT vigente come Ambito di rigenerazione urbana), è definito a nord dal percorso viabilistico in sottopassaggio che mette in collegamento l'area del mercato ortofrutticolo e i sistemi residenziali e misti al di là della ferrovia, e - verso sud - dal piazzale della stazione di Rogoredo e degli adiacenti edifici di proprietà dell'ANAS. Il margine est è segnato dall'asta ferroviaria mentre quello a ovest è segnato dalla stessa via Toffetti.

Attualmente l'area è caratterizzata da bassissimi livelli di qualità urbana e fruitiva, per la presenza di numerose criticità fisico-spaziali e sociali connesse in prevalenza alla permanenza di aree e edifici degradati in abbandono e di manufatti produttivi. La proposta formulata interessa complessivamente circa 110.000 mq e l'area dello scalo con gli eterogenei tessuti insediativi che vi si affacciano.

Il progetto prevede un disegno del verde e degli spazi pubblici lungo la via, in

2.3.1 Area of transformation: Rogoredo-Toffetti

The sector, that encompasses the disused railway yard and the Toffetti urban transformation area, is outlined to the North by the road pathway underpass that connects the Ortomercato and the residential and mixed systems beyond the railway, and - to the South - from the forecourt of the Rogoredo station and the adjacent buildings owned by ANAS. The East border is marked by the railway axe, while the one to the West is marked by Via Toffetti itself.

The area is characterized by low levels of urban quality, due to several physical-spatial and social criticalities mainly connected to the presence of degraded areas and buildings in abandonment. The proposal affects overall about 110,000 sqm and the layover area with the heterogeneous settlement fabrics that overlook it.

The project includes a design of greenery and public spaces

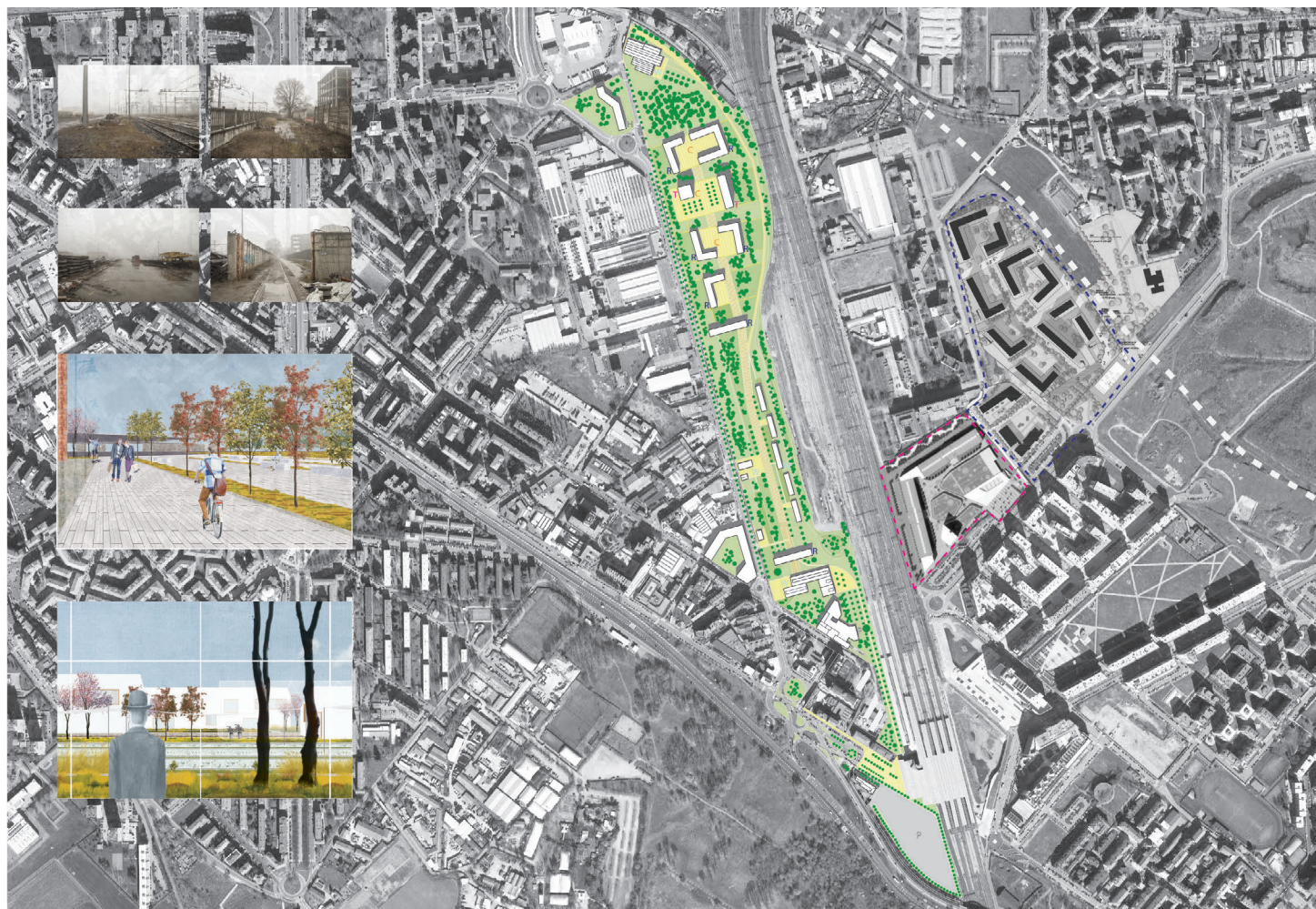


Fig. 25 - Prima ipotesi di progetto per l'area di via Toffetti / First project hypothesis for the Via Toffetti area (Source: Drafting in collaboration with Urban Curator TAT association).

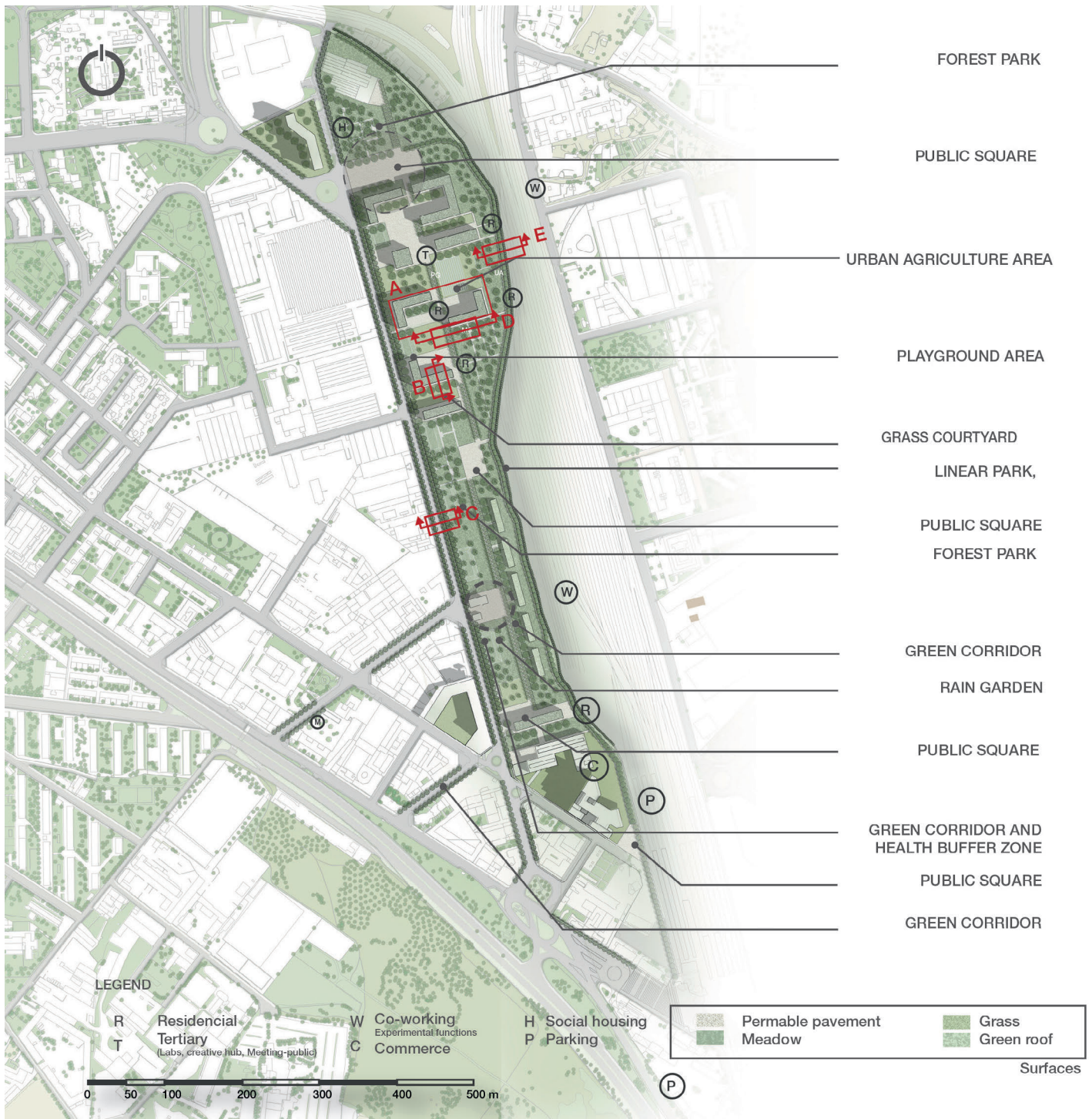


Fig. 26 - Ottimizzazione delle strategie ambientali per l'ambito di via Toffetti / *Optimization of environmental strategies for the Via Toffetti area* (Source: Elaboration by Nora Oquendo).

continuità dalla piazza della stazione di Rogoredo fino all'incrocio a nord con via Sulmona. Una seconda fascia a verde (percorso ciclopedonale e consistenti filari di alberature) ridefinisce la via nel rapporto con le nuove volumetrie residenziali, localizzate secondo un principio di concentrazione fondiaria, preservando oltre il 50% delle superfici a verde filtrante di uso pubblico, con uno sviluppo articolato in una serie di semi-corti in successione lineare (con destinazione residenziale e terziaria e una piccola quota commerciale di vicinato) e manufatti in linea a prevalente sviluppo verticale, localizzati al margine del parco lineare. Per la riqualificazione del *brownfield* dell'ex scalo ferroviario di Rogoredo, che presenta una estensione di circa 2 ettari ed è caratterizzato dalla presenza di edifici produttivi in gran parte dismessi; sono previsti il mantenimento del 60% di superficie a verde, il 30% della quale a "verde profondo" e azioni di forestazione per circa 3 ettari nella fascia nord (UCTAT, 2017).

Questa prima proposta progettuale (Fig. 25) è stata poi verificata e implementata attraverso l'applicazione di soluzioni basate sulla natura (Figg. 26 e 27), quantificandone le relative prestazioni al fine di ottimizzare i benefici ambientali generati. Con riferimento alle NBS, viene prevista la piantumazione di 1.479 alberi di diverse specie arboree (*Acer Platanoide*, *Carpinus Betulus*, *Prunus Serrulata*, *Tilia x europea*, *Calodendrus Decurrens*) e la realizzazione di manufatti edilizi caratterizzati da coperture e facciate verdi, per una superficie complessiva di tetti verdi pari a 10.338,81 mq.

Le alberature, quasi tutte decidue, progettate in funzione di un efficace ombreggiamento, appartengono a 22 specie rispetto ai 10 generi mediamente presenti nell'area di Milano. Le simulazioni elaborate con il software *i-Tree Design* hanno supportato il posizionamento delle alberature, scelte di tre anni di età con un diametro del tronco di 10 cm, nei differenti contesti (parco/strada, esposizione sole/ombra).

along the street, in continuity from the Rogoredo station to the Northern intersection with Via Sulmona. A second green belt re-shapes the street in the ratio with the new residential volumes, located according to a principle of land concentration, retaining over 50% of the filtering green surfaces for public use, with a development divided into a number of semi-courtyards in linear succession and in-line structures with a prevalently vertical development, located on the border of the linear park. For the redevelopment of the former Rogoredo railway yard brownfield, which has an extension of about 2 hectares and features the presence of mostly abandoned production buildings; the preservation of 60% of the green area, 30% of which in "deep green" and forestation works for about 3 hectares in the North are planned (UCTAT, 2017).

This initial project proposal (Fig. 25) has then been assessed and implemented through the application of nature-based solutions (Figg. 26 and 27), by quantifying their performance, with the purpose of maximising the environmental benefits generated. With regards to the NBS, the planting of 1,479 trees and buildings with green roofs and facades, for an overall area of green roofs amounting to 10,338.81 sqm. The trees, almost entirely deciduous, designed for shading, belong to 22 species compared to the 10 generally found in Milan. The simulations processed with the *i-Tree Design* software supported the positioning of the trees, chosen of three years of age with a trunk diameter of 10 cm, in the different contexts (park/road, sun/shade exposure).

The quantification of the benefits generated by the new plant-

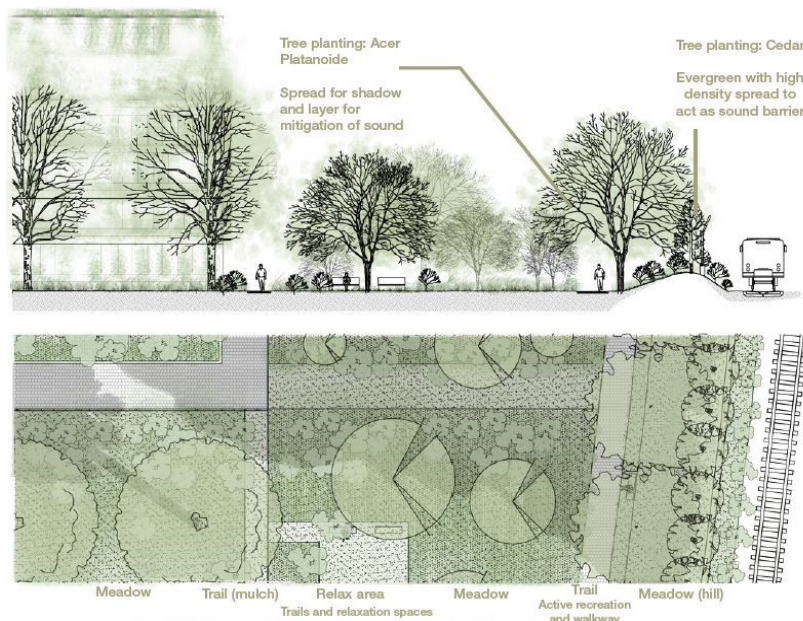


Fig. 27 - Sezione trasversale / Cross section (Source: Elaboration by Nora Oquendo).

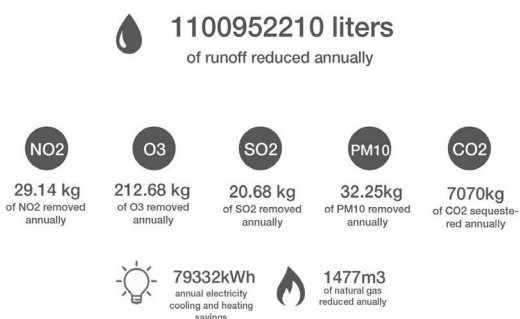


Fig. 28 - Quantificazione dei benefici ambientali del masterplan ottimizzato / Quantification of the optimized master plan environmental benefits (Source: Elaboration by Nora Oquendo).

ings and green roofs also included the capacity to intercept rainwater for the runoff reduction (stormwater runoff reduction) and the capacity to capture air pollutants (air pollutants reduction). Based on an average annual rainfall values for Milan of 830.4 mm (ISTAT, 2018), with the use of the i-Tree software and tabular values, the ability to intercept the rainfall of the arboreal heritage, of retention and infiltration systems (bio-basins) and green roofs, has been quantified.

With reference to plantings, the capture capacity of the main air pollutants has been assessed through i-Tree software. The quantifications concerned the annual capture capacity of the arboreal heritage with an age of 3-5 years and/or a trunk diameter of 10 cm, with an age of 10 years and a quantification of the capture of air pollutants over 20 years (Fig. 28).

Furthermore, indicators concerning the contrast to climate change were also taken in consideration by quantifying the CO₂ directly captured and that avoided (CO₂eq) employing NBS.

2.3.2 Homogeneous neighbourhood: San Luigi neighbourhood

The San Luigi district is characterized by a predominantly residential vocation, with a building fabric of historical matrix clustered around the nineteenth-century church of San Luigi Gonzaga. This area has its own identity and recognizability, as well as a very favourable location due to its high accessibility and proximity to service and commercial facilities along the adjacent Corso Lodi. The building density is rather consistent, with buildings along streets with a relatively small section and towards the square, the heart of the neighbourhood life. The main weaknesses, that also emerged from public consultations with the Municipality and local associations, concerned the pervasive presence of cars parked along the streets and in the square, and the lack of greenery.

The analyses on the traffic have highlighted consistent flows and congestion instances that exacerbate the environmental conditions of the users of the square and sidewalks; environmental stress further intensified by the morphology of the built structure (urban canyon)⁶. The analyses concerning the various

⁶ The urban canyon, which represents a common morpho-typological condition of the city, is defined as the ratio between the height of the curtained buildings on the road and the width of the road (Pugh et al., 2012). It is generally considered urban canyon when the ratio is greater than 0.5. Precisely because of its geometry, the urban canyon represents the portion of the city where the phenomenon of the high concentration of air pollutants is particularly evident and perceptible. The combination of the vertical and horizontal elements, mentioned above, strongly limits the air turbulence, retaining air pollutants. The factors that influence the functioning of the urban

La quantificazione dei benefici prodotti dalle nuove piantumazioni e coperture verdi ha riguardato anche la capacità di intercettazione delle acque piovane a favore della riduzione del runoff (stormwater runoff reduction) e la capacità di sequestro di inquinanti aerei (air pollutants reduction). A partire da un valore medio annuale di precipitazioni per Milano pari a 830,4 mm (ISTAT, 2018), con l'impiego del software i-Tree e di valori tabellari, è stata quantificata la capacità di intercettazione delle precipitazioni del patrimonio arboreo, dei sistemi di ritenzione e infiltrazione (biobacini) e delle coperture verdi.

Sempre con riferimento alle piantumazioni, attraverso il software i-Tree sono state valutate le capacità di sequestro dei principali inquinanti aerei. Anche in questo caso le quantificazioni hanno riguardato la capacità di sequestro annuale del patrimonio arboreo con una età di 3-5 anni e/o un diametro del tronco di 10 cm, la capacità di sequestro annuale del patrimonio arboreo con un'età di 10 anni e una quantificazione dei sequestri di inquinanti aerei in 20 anni (Fig. 28).

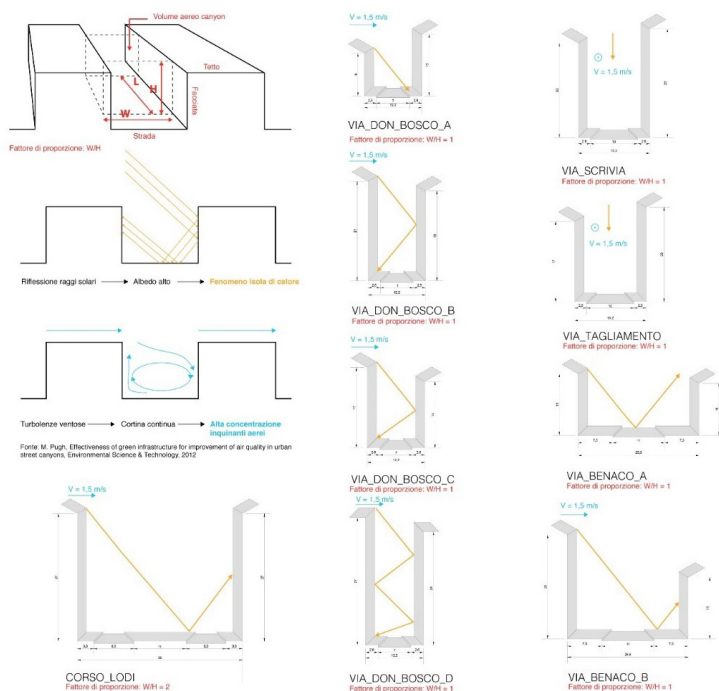
Inoltre, sono stati considerati anche gli indicatori riguardanti il contrasto al climate change attraverso la quantificazione della CO₂ direttamente sequestrata e di quella evitata (CO₂eq) dall'utilizzo delle soluzioni basate sulla natura.

2.3.2 Quartiere omogeneo: quartiere San Luigi

Il quartiere San Luigi si caratterizza per una vocazione prevalentemente residenziale, con un tessuto edilizio di matrice storica aggregatosi attorno all'ottocentesca chiesa di San Luigi Gonzaga e alla omonima piazza. Questo ambito urbano è dotato di una sua precisa identità e riconoscibilità, e ha una localizzazione molto favorevole per l'elevata accessibilità e la prossimità di strutture di servizio e commerciali lungo l'adiacente corso Lodi. La densità edilizia è abbastanza consistente, con edificazioni in cortina lungo vie dalla sezione stradale piuttosto ridotta (a uno o due sensi di marcia) e verso la piazza, fulcro della vita del quartiere. Le principali criticità, emerse anche nel contesto di consultazioni pubbliche e di momenti di confronto con la Municipalità e le associazioni locali, hanno riguardato la pervasiva presenza delle automobili parcheggiate lungo le strade e nella piazza, spesso anche con occupazioni improprie, e la carenza di verde, limitato a ridotte aree interstiziali in corrispondenza di arretramenti dell'edificato.

Le analisi eseguite sul traffico hanno evidenziato flussi consistenti e situazioni di congestione che aggravano le condizioni ambientali dei fruitori della piazza e dei marciapiedi, stress ambientale ulteriormente aggravato dalla morfologia del costruito (canyon urbano)⁶. Le analisi relative alle diverse conformazioni del canyon urbano, anche in relazione alla direzione prevalente dei venti, hanno fatto

⁶ Il canyon urbano, che rappresenta una comune condizione morfo-tipologica della città, è definito come rapporto tra altezza degli edifici a cortina insistenti sulla strada e larghezza della strada (Pugh et al., 2012). Generalmente viene considerato canyon urbano quando il rapporto è maggiore di 0,5. Proprio a causa della sua geometria, il canyon urbano rappresenta la porzione di città dove il fenomeno dell'alta concentrazione di inquinanti aerei è particolarmente evidente e percepibile. La combinazione degli elementi verticali e orizzontali, sopracitati, limita fortemente la turbolenza dell'aria, trattenendo gli inquinanti aerei. Tra i fattori che influenzano il funzionamento del canyon urbano si considerano la geometria, la velocità e la direzione del vento, la modalità di dispersione degli inquinanti e la densità degli edifici.



conformations of the urban canyon, also in relation to the prevailing wind direction, have revealed an aggregate of conditions that determine high concentrations of air pollutants (Fig. 29).

Via Don Bosco has been pinpointed as an area of design in-depth analysis in light of various considerations:

- it is the main street, with an extension of about 500 meters, the longest in the neighbourhood and connects its two ends;
- the intersection with Piazza San Luigi, the hub of the neighbourhood, is used as a parking lot;
- the road section has a very reduced width, which severely limits the amount and type of GI that can be installed;
- the mixitè of the street, with the existence of buildings built in different historical periods and, therefore, built with various construction techniques, allows the application of varied NBS, providing continuity to the street and making it dynamic and articulated at once;
- along the road there is limited vehicular transit (about 500 vehicles/h), however, congestion is present and high.

Via Don Bosco has been divided into three segments within which to determine the prevailing characters, analysed in order to establish the most suitable NBS.

The first section starts from the intersection with Viale Brenta and reaches the intersection with Via Breno. There's a predominance of recent/modern buildings here, featuring a punctiform bearing structure in concrete and higher heights than those found elsewhere in the district. The fronts lack any valuable elements. The roofs are mostly flat and not usable. The street is a one-way street, with a 15-metre size, with parking lots and sidewalks along both sides. The second section starts from the intersection with Via Breno and reaches Piazza San Luigi. Here the buildings date back to the late twentieth century, have

canyon include geometry, wind speed and direction, the mode of dispersion of pollutants and the density of buildings.

Fig. 29 - Analisi delle geometrie dei differenti canyon urbani di via Don Bosco / Analysis of the geometries of the different urban canyons of Via Don Bosco (Source: Elaboration by Federica Donadoni).

emergere una sommatoria di condizioni che determinano concentrazioni alte di inquinanti aerei potenziali (Fig. 29).

All'interno del quartiere, via Don Bosco è stata identificata come ambito di approfondimento progettuale a fronte di diverse considerazioni:

- è la via principale, con una estensione di circa 500 metri, la più lunga del quartiere e ne collega le due estremità;
- l'intersezione della via con piazza San Luigi, fulcro del quartiere, dove affaccia l'omonima chiesa, viene utilizzata come un parcheggio; l'indagine svolta tra i residenti ha fatto emergere l'esigenza di restituire questo luogo alla fruizione collettiva;
- la sezione stradale ha una larghezza molto ridotta, che limita fortemente il numero e la tipologia di green infrastructure insediabili;
- la mixitè della via, con la presenza di edifici costruiti in periodi storici differenti e dunque realizzati con tecniche costruttive differenti, permette l'applicazione di diverse NBS, dando continuità alla via e rendendola al tempo stesso dinamica e articolata;
- lungo la via vi è un limitato transito veicolare (circa 500 veicoli/h), ma il congestionamento è alto per le difficoltà di immissione nelle principali arterie del contesto.

Via Don Bosco è stata divisa in tre segmenti all'interno dei quali individuare i caratteri prevalenti, analizzati al fine di identificare le NBS più indicate.

Il primo tratto parte dall'intersezione con viale Brenta e arriva fino all'interse-



Fig. 30 - Studio dei possibili impieghi di NBS sulle facciate degli edifici / *Study of the potential uses of NBS on building facades* (Source: Elaboration by Federica Donadoni).



Fig. 31 - Edifici moderni. Studio delle alternative metaprogettuali e dei possibili costi di realizzazione / *Modern buildings. Study of meta-project alternatives and possible implementation costs* (Source: Elaboration by Federica Donadoni).

zione con via Breno. Qui prevale un'edilizia recente/moderna, caratterizzata da struttura portante puntiforme in calcestruzzo e da altezze superiori a quelle riscontrabili in altri punti del quartiere. I fronti non presentano elementi di pregio. I tetti sono perlopiù piani e non fruibili. La strada è a senso unico, ha una dimensione di 15 metri, con parcheggi e marciapiedi lungo entrambi i lati. Il secondo tratto parte dall'intersezione con via Breno e arriva fino a piazza San Luigi. Qui gli edifici risalgono alla fine del Novecento, hanno una struttura portante in mattoni e presentano elementi di pregio come intonaci ed elementi in cemento decorativo, bugnato ed elaborate balaustre in ferro. I tetti sono perlopiù inclinati, in coppi. La sezione stradale rimane invariata rispetto al tratto già descritto. Il terzo tratto parte da piazza San Luigi e arriva fino all'intersezione con corso Lodi. Qui gli edifici perdono le caratteristiche di pregio che caratterizzavano l'intervallo precedente, lasciando spazio a situazioni di scarsa qualità: manufatti inutilizzati, facciate cieche o destinate all'affissione di pubblicità. I tetti sono prevalentemente inclinati, in coppi. La sezione stradale scende a 11 metri, con marciapiede su entrambi i lati e parcheggi collocati solo su un lato⁷.

Le alternative progettuali proposte hanno operato attraverso l'introduzione di tetti e facciate verdi, nonché soluzioni verdi applicate al livello del suolo (Perini, 2013). Più nel dettaglio, sulla base delle tipologie di manufatti edilizi prospicienti sulla via e delle tipologie di spazi pubblici, sono state individuate 9 tecnologie applicabili: PV1 "LWS - pannelli contenenti substrato organico", PV2 "LWS - pannelli integrati con substrato inorganico 1", PV3 "LWS - pannelli integrati con substrato inorganico 2", applicabili alle facciate cieche, PV4 "Facciata verde diretta", PV5 "Facciata verde indiretta", PV6 "Facciata verde indiretta con elementi contenitori sull'involucro", PV7 "Facciata verde indiretta con elementi contenitori alla base", applicabili sulle facciate di edifici di fine Novecento; PV8 "Facciata verde indiretta con elementi contenitori su sbalzo", PV9 "Facciata verde indiretta su sbalzo", applicabili su facciate di edifici moderni. Con riferimento alle coperture verdi, sono state invece individuate 5 tecnologie impiegabili: TV1 "Intensivo pesante", TV2 "Intensivo leggero", TV3 "Estensivo", TV4 "Estensivo (su coperture inclinate)", TV5 "Intensivo leggero (su coperture inclinate)". Infine, per le soluzioni verdi impiegabili al livello del suolo, vengono individuate come impiegabili nell'ambito di studio 4 tecnologie: VS1 "Piantumazione di alberi", VS2 "Pavimentazione permeabile", VS3 "Bacino biologico ad angolo" e VS4 "Bacino biologico continuo" (Fig. 30).

In questo caso studio non è stata misurata l'efficacia delle soluzioni in termini di assorbimenti degli inquinanti aerei, ma è stata valutata l'incidenza delle alternative, al fine di sistematizzare e ottimizzare le scelte all'interno di un modello metaprogettuale (comparazione delle soluzioni rispetto ai benefici e ai costi di realizzazione). I benefici considerati sono: ombreggiamento, cattura degli inquinanti, raffrescamento degli edifici, riduzione del deflusso delle acque piovane, biodiversità e fruizione estetica. I costi considerati sono: montaggio, manutenzione e smaltimento (Fig. 31).

⁷ Cfr. Donadoni Federica (2018), "Strategie ambientali per la mitigazione del canyon urbano: il caso di via Don Bosco a Milano", tesi di Laurea magistrale, relatore Oscar Eugenio Bellini, correlatore Davide Cerati, Politecnico di Milano.

a load-bearing brick structure and feature valuable elements, such as plaster and decorative concrete elements, convoluted and elaborate iron balustrades. The roofs are mainly sloping, in tiles. The road section is constant. The third segment starts from Piazza San Luigi and reaches the intersection with Corso Lodi. Here the buildings lose the valuable features of the previous section. The road section drops to 11 metres, with pavement on both sides and parking spaces located on one side only⁷.

The design alternatives proposed have performed through the introduction of green roofs and facades, including green solutions applied at ground level (Perini, 2013). More specifically, based on the types of buildings facing the street and the types of public spaces, 9 technologies have been identified: PV1 "LWS - panels containing organic substrate", PV2 "LWS - integrated panels with inorganic substrate 1", PV3 "LWS - integrated panels with inorganic substrate 2", applicable to blind facades; PV4 "Direct green façade", PV5 "Indirect green façade", PV6 "Indirect green facade with container elements on the casing", PV7 "Indirect green facade with container elements at the base", applicable on the facades of late twentieth century buildings; PV8 "Indirect green facade with container elements on cantilever", PV9 "Indirect green facade on cantilever", applicable on the facades of modern buildings. Regarding, instead, green roofs, 5 technologies have been identified that can be used: TV1 "Heavy intensive", TV2 "Light intensive", TV3 "Extensive", TV4 "Extensive (on sloping roofs)", TV5 "Light intensive (on sloping roofs)". For green solutions that can be employed at ground level, 4 technologies are identified as being usable in the study: VS1 "Tree planting", VS2 "Permeable pavement", VS3 "Angular biological basin" and VS4 "Continuous biological basin" (Fig. 30).

In this case study, the effectiveness of the solutions in terms of absorption of air pollutants was not measured, however, the incidence of alternatives was assessed, in order to systematise and optimise the options within a metaproject model (comparison of solutions with respect to the benefits and costs of implementation). The benefits in question are: shading, capture of pollutants, cooling of buildings, reduction of rainwater runoff, biodiversity and aesthetic enjoyment. The costs considered are: assembly, maintenance and disposal (Fig. 31).

⁷ See Donadoni Federica (2018), "Environmental strategies for urban canyon mitigation: the case of Via Don Bosco in Milan", Master's Degree thesis, supervisor Oscar Eugenio Bellini, co-supervisor Davide Cerati, Politecnico di Milano.

2.3.3 Node-Axis: Rogoredo-overpass-Piazzale Corvetto

The testing field concerned the roadway sliding axis in urban penetration from the motorway and the ring road, in the section between Piazzale Corvetto and the Rogoredo station; this is a considerably relevant axe, along which stand significant development interventions for directional and commercial use, that - along with the station itself - will play an important role with respect to the flows induced by the 2026 Winter Olympics (UCTAT, 2020).

Between Piazzale Corvetto and Rogoredo, an extension of the boulevard solution of Corso Lodi has been proposed, a “green axe” that reconnects the city to the Parco Agricolo Sud Milano, with restoration of some intersections, as distinctive points reclaimed for pedestrian use: the square of the Rogoredo station, the access to Porto di Mare and Piazzale Corvetto (Figg. 32a and 32b).

The project predicts the recovery of the Corvetto overpass, as a road surface taken from cars, consistent with the provisions of the planning reports for the evolution of mobility in Milan (Fig. 33). Thus, an integrated and interconnected system of green spaces and paths for soft mobility has been redefined, improving the environ-

2.3.3 Nodo-Asta: Rogoredo-cavalcavia-piazzale Corvetto

L’ambito di sperimentazione ha riguardato l’asse di scorrimento viabilistico in penetrazione urbana dall’Autostrada e dalla Tangenziale, nella tratta tra piazzale Corvetto e la stazione di Rogoredo; si tratta di un’asta di notevole rilevanza, lungo la quale si attestano importanti interventi di sviluppo a destinazione direzionale e commerciale, che - con la stessa stazione - giocheranno un ruolo importante rispetto ai flussi indotti dalle Olimpiadi invernali del 2026 (UCTAT, 2020).

Nel tratto tra piazzale Corvetto e Rogoredo, viene proposto il prolungamento del boulevard già realizzato lungo corso Lodi, dando forma a un’unica “asta verde” che riconnette la città consolidata al Parco Agricolo Sud Milano, con puntuali interventi di riqualificazione di alcuni nodi di intersezione con altri assi rilevanti, quali punti riconoscibili riappropriati alla fruizione pubblica pedonale: la piazza della stazione di Rogoredo, l’accesso a Porto di Mare e piazzale Corvetto (Figg. 32a e 32b).

Il progetto prevede il recupero all’uso pubblico del cavalcavia Corvetto, quale sedime stradale sottratto alle auto, in coerenza con quanto previsto nei documenti programmatori per l’evoluzione della mobilità in Milano (Fig. 33). Si è così ridefinito un sistema integrato e interconnesso di spazi verdi e di percorsi per la mobilità dolce, innalzando la qualità ambientale e fruitiva dello spazio pubblico e risolvendo le attuali difficoltà di attraversamento pedonale. Il nodo Corvetto torna



Fig. 32a - Masterplan della riqualificazione del Nodo-Asta Rogoredo-cavalcavia-piazzale Corvetto / Master plan for the redevelopment of the Node-Axis of Rogoredo-overpass-Piazzale Corvetto (Source: Elaboration by Ala Firouzan).



Fig. 32b - *Masterplan della riqualificazione del Nodo-Asta Rogoredo-cavalcavia-piazzale Corvetto / Master plan for the redevelopment of the Node-Axis of Rogoredo-overpass-Piazzale Corvetto* (Source: Elaboration by Ala Firouzan).

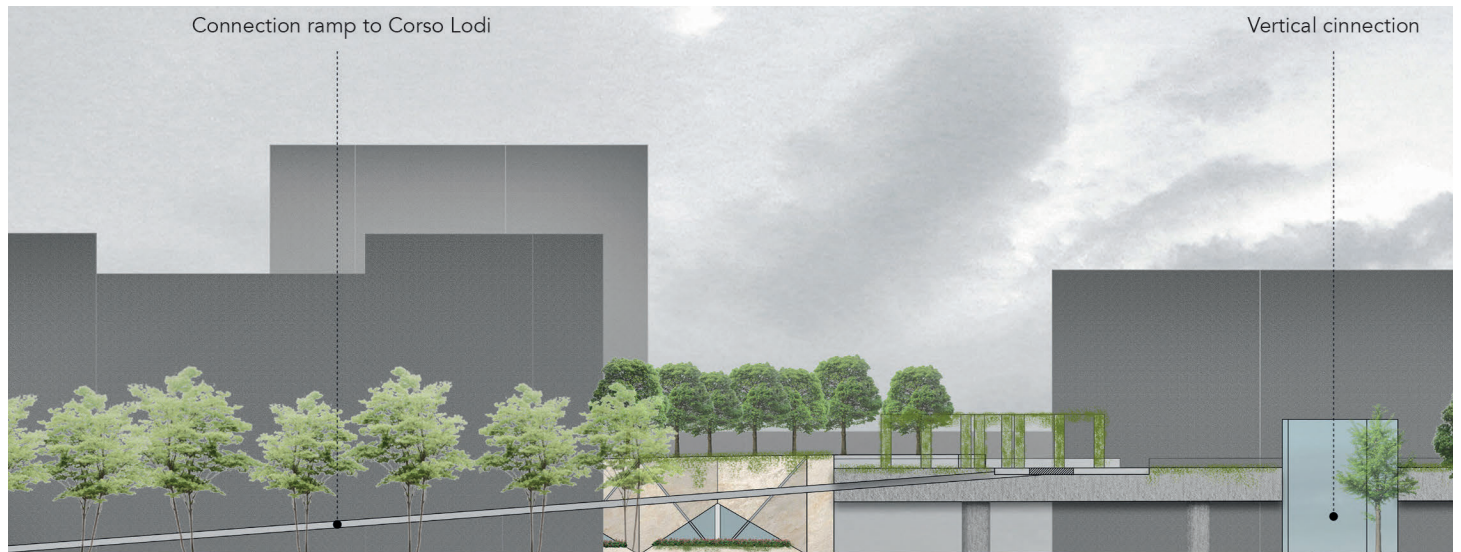


Fig. 33 - *Sezione su piazzale Corvetto / Section on Piazzale Corvetto* (Source: Elaboration by Ala Firouzan).

mental and usability quality of the public space. The Corvetto node returns to its initial layout consisting of a large tree-lined square and infrastructure, with services related to the interchange function. The widening of the sidewalks supports the preservation of commercial activities, with the possibility of placing *dehors* and equipment for outdoor parking. Also, the overpass section is re-configured with new trees and flower-beds, a cycling path and new parking spaces (Fig. 34).

The wide road junction in front of the Rogoredo station, with several weaknesses both fruitive and environmental, is bypassed by a cycle-pedestrian path connecting the square and the Rogoredo site, solving as well substantial unsafety (real and perceived) issues, the interference between vehicular and pedestrian mobility and the low environmental quality of the spaces. The proposal includes the rearrangement of the accessibility system, with the pedestrianization of the area in front of the station and a reorganisation of local public transport. In the resettlement of the public space an overall increase in the green areas is envisaged, aimed at preventing the runoff from rainwater; the NBS used include tree planting, natural retention and infiltration systems; additionally, the installation of solar panels on urban furniture is also envisaged.

The environmental benefits have been estimated over a 20-year period and pertain electric energy conservation for cooling, the interception of rainwater and the consequential reduction of runoff, the reduction of air pollutants and CO₂. Indirect benefits have also been quantified (parametric economic evaluation). The data p are comprehensive of NBS and solar panels (Fig. 35).



Fig. 34 - Prima e dopo l'intervento / *Before and after the intervention* (Source: Elaboration by Ala Firouzan).

ad assumere il suo impianto originario di grande piazza alberata e infrastruttura con servizi legati alla funzione di interscambio. L'allargamento dei marciapiedi favorisce il mantenimento delle attività commerciali, con la possibilità di collocare *dehors* e attrezzamenti per la sosta all'aperto. Anche la tratta del cavalcavia è riconfigurata con nuove alberature e aiuole, una pista ciclabile e nuovi spazi protetti per la sosta (Fig. 34).

L'ampio snodo viabilistico antistante la stazione di Rogoredo, che presenta molteplici criticità sia fruitive che ambientali, viene scavalcato da un percorso ciclopodonale di connessione tra la piazza e il sedime di Rogoredo, risolvendo anche i rilevanti problemi di insicurezza (reale e percepita), interferenze tra mobilità veicolare e pedonale e la bassa qualità ambientale degli spazi. La proposta prevede il riassetto del sistema dell'accessibilità e dei transiti veicolari, con la completa pedonalizzazione dello spazio antistante la stazione e una riorganizzazione del trasporto pubblico locale. Nella sistemazione dello spazio pubblico è previsto un complessivo incremento delle aree semi-permeabili e permeabili a verde, finalizzato a prevenire a livello locale la formazione dei deflussi superficiali provenienti dalle acque pluviali in occasione di eventi acuti; le NBS impiegate consistono in piantumazioni arboree, realizzazione di superfici permeabili e sistemi naturali di ritenzione e infiltrazione; è inoltre prevista l'installazione di pannelli fotovoltaici su arredi urbani.

I benefici ambientali sono stati quantificati nell'arco temporale di 20 anni e riguardano il risparmio di energia elettrica per raffrescamento, l'intercettazione delle acque piovane e la conseguente riduzione del *runoff*, la riduzione di inquinanti aerei e di CO₂. Sono stati quantificati anche i benefici indiretti (valutazione economica parametrica dei costi evitati).

I dati che si riportano di seguito sono complessivi, considerando quindi l'insieme di NBS applicate nonché l'impiego di pannelli fotovoltaici (Fig. 35)

1) Water:

Total runoff reduced: **468752591 (l)**

2) Air quality:

Total O3 reduction: 23807.738 (kg)

Total PM10 reduction: 2649.7577 (kg)

Total NO2 reduction: 60097.3987 (kg)

Total SO2 reduction: 1797.15495 (kg)

Total amount of pollution reduction in 0-20 year: **88352.0494 (kg)**

3) Climate change:

Total CO2 sequestered: **475141.4 (kg)**

4) Energy:

Total Produced energy & Electricity saving: **54938644.2 (kWh)**

Fig. 35 - Benefici ambientali quantificati su un arco di 20 anni / *Environmental benefits assessed over a 20-year period* (Source: Elaboration by Ala Firouzan).

2.3.4 Asta: viale Brenta

Come nei casi precedentemente illustrati, anche la tratta di viale Brenta è localizzata nella zona sud-est della città di Milano e all'interno del NIL Lodi-Corvetto, del quale costituisce una componente viabilistica di notevole rilievo per la mobilità interquartiere. Il viale rappresenta infatti l'elemento di separazione tra il nucleo residenziale storico del quartiere San Luigi a nord e, verso sud, il tessuto misto di più recente formazione che concentra molti dei servizi del quartiere (uffici, sede del Municipio 4, piscina comunale, mercato comunale, scuole primaria e media, circolo ricreativo, centro vaccinale): un vero e proprio comparto di servizi e attrezzature civiche, culturali, sanitarie e sportive che copre un bacino di utenza di rango municipale, che svolge un ruolo di attrattore dei flussi pedonali con provenienza da corso Lodi (fermata MM 3 Brenta) e dalle strade limitrofe (Fig. 36). Il quartiere si caratterizza per una significativa presenza di persone anziane (30% over 65) e di bambini/giovani (20% under 17); rispetto a tale fattore, la sperimentazione relativa all'asta di viale Brenta ha costituito una occasione interessante per verificare la possibile integrazione delle NBS anche nella specifica prospettiva di incrementare in modo significativo l'accessibilità e la fruibilità dello spazio da parte delle categorie di utenza più deboli e sensibili agli impatti delle barriere climatico-ambientali⁸.

La tratta considerata per la simulazione progettuale ha uno sviluppo di circa 400 metri, con attestamento a est in prossimità della stazione Brenta, all'intersezione con corso Lodi, e a ovest verso piazza Bonomelli, una grande piazza caratterizzata dalla presenza di consistenti alberature localizzate nell'ampia zona centrale verde attorno alla quale transitano consistenti flussi veicolari. Il viale, anch'esso caratterizzato da un traffico piuttosto intenso (Fig. 37), presenta una carreggiata a due corsie per senso di marcia, con parcheggi lungo i marciapiedi laterali e un corsello centrale di separazione dei flussi viabilistici. Esso rappresenta quindi un efficace elemento di collegamento lungo la direzione est-ovest, ma anche una barriera piuttosto rilevante agli attraversamenti pedonali in direzione nord-sud.

Al fine di individuare possibili strategie per l'introduzione delle NBS, la modellazione tridimensionale dell'area ha considerato quali parametri significativi il rapporto di esposizione frontale e rapporto di esposizione completa, il volume degli edifici normalizzato e la loro altezza media, nonché gli indici d'area piana degli edifici, della vegetazione e delle superfici impermeabili. I valori misurati sono risultati in linea con quelli tipici di «zone molto urbanizzate, a densità media o bassa, con edifici estesi e bassi e parcheggi asfaltati» (modello di Oke, WMO, 2007).

Tra le criticità ambientali emerse, significativa è la presenza di una isola di calore urbana (Fig. 38a), riscontrata anche attraverso un rilievo *in situ* mediante camera termica, misurando le condizioni di temperatura al suolo lungo il viale e quelle degli involucri edilizi in affaccio lungo i marciapiedi. Nel periodo estivo i fenomeni di surriscaldamento sia delle superfici orizzontali (carreggiata e marciapiedi) sia delle facciate degli edifici sono particolarmente evidenti (Fig. 38b), con punte

⁸ Le analisi, gli schemi progettuali e l'elaborazione dei modelli predittivi sono stati sviluppati con la collaborazione di Davide Cerati, quale caso studio nell'ambito della ricerca per il Dottorato in Architettura, Ingegneria delle Costruzioni e Ambiente Costruito presso il Politecnico di Milano (tutor Elena Mussinelli, relatore Andrea Tartaglia, tesi "Nature-based solutions and open spaces regeneration. Methods, tools and indicators for environmental design and assessment", 2019).

2.3.4 Axe: Viale Brenta

As in the previously illustrated cases, the section of Viale Brenta is also located in the South-East area of Milan and within the NIL Lodi-Corvetto, of which it represents a significant traffic component in terms of inter-district mobility. The avenue represents the separation factor between the historic residential unit of the San Luigi district to the North and, to the South, the more recent mixed fabric that centres many of the district's services (offices, Town Hall 4, municipal swimming pool, municipal market, primary and middle schools, recreational club, vaccination centre): a fully-fledged segment of civic, cultural, health and sports services and equipment that covers a catchment area of municipal rank, that plays the role of attracting pedestrian flows coming from Corso Lodi (MM 3 Brenta stop) and from the neighbouring roads (Fig. 36) The neighbourhood is distinguished by a significant presence of elderly people (30% over 65) and children/young people (20% under 17); regarding this factor, the experimentation relating to the Viale Brenta represented an opportunity to verify the possible integration of the NBS, also in the particular perspective of significantly increasing the accessibility and usability of the space from the categories of users weaker and more sensitive to the impacts of climatic-environmental barriers⁸.

The section taken in consideration for the simulation is 400-meter-long, with an East facing establishment near the Brenta station, at the intersection with Corso Lodi, and West towards Piazza Bonomelli, a large square featuring consistent trees located in the large central green area (Fig. 37), around which consistent vehicle flows pass. The avenue, also defined by a rather intense traffic, has a carriageway with two lanes in each direction, with parking spaces along the sidewalks and a central lane separating the traffic flows. It, therefore, represents a connecting element along the East-West direction, as well as a barrier to pedestrian crossings in the North-South direction.

To identify possible strategies for the introduction of NBS, the three-dimensional modelling of the area considered as relevant parameters the frontal exposure and the complete exposure ratio, the normalized volume of the buildings and their average height, as well as the indexes of flat area of buildings, vegetation and impermeable surfaces. The values measured

⁸ *The analyses, the project diagrams and the elaboration of the predictive models were developed with the collaboration of Davide Cerati, as a case study in the field of research for his PhD in Architecture, Construction Engineering and Built Environment at the Politecnico di Milano (tutor Elena Mussinelli, supervisor Andrea Tartaglia, Thesis "Nature-based solutions and open spaces regeneration. Methods, tools and indicators for environmental design and assessment", 2019).*

- ◻ PERIMETRO AREA STUDIO
- CLASSIFICAZIONE EDIFICI PUBBLICI
- 1 - ATS MILANO - CENTRO VACCINALE
- 2 - CIRCOLO ARCI CORVETTO
- 3 - MERCATO COMUNALE PIAZZA FERRARA
- 4 - PA CROCE ORO MILANO ANPAS
- 5 - PISCINA MINCIO
- 6 - SCUOLA MEDIA LOMBARINI
- 7 - SCUOLA PRIMARIA RENZO PEZZANTI
- 8 - SEDE MUNICIPIO 4
- EDIFICI PRIVATI
- STAZIONI METROPOLITANA LINEA 3

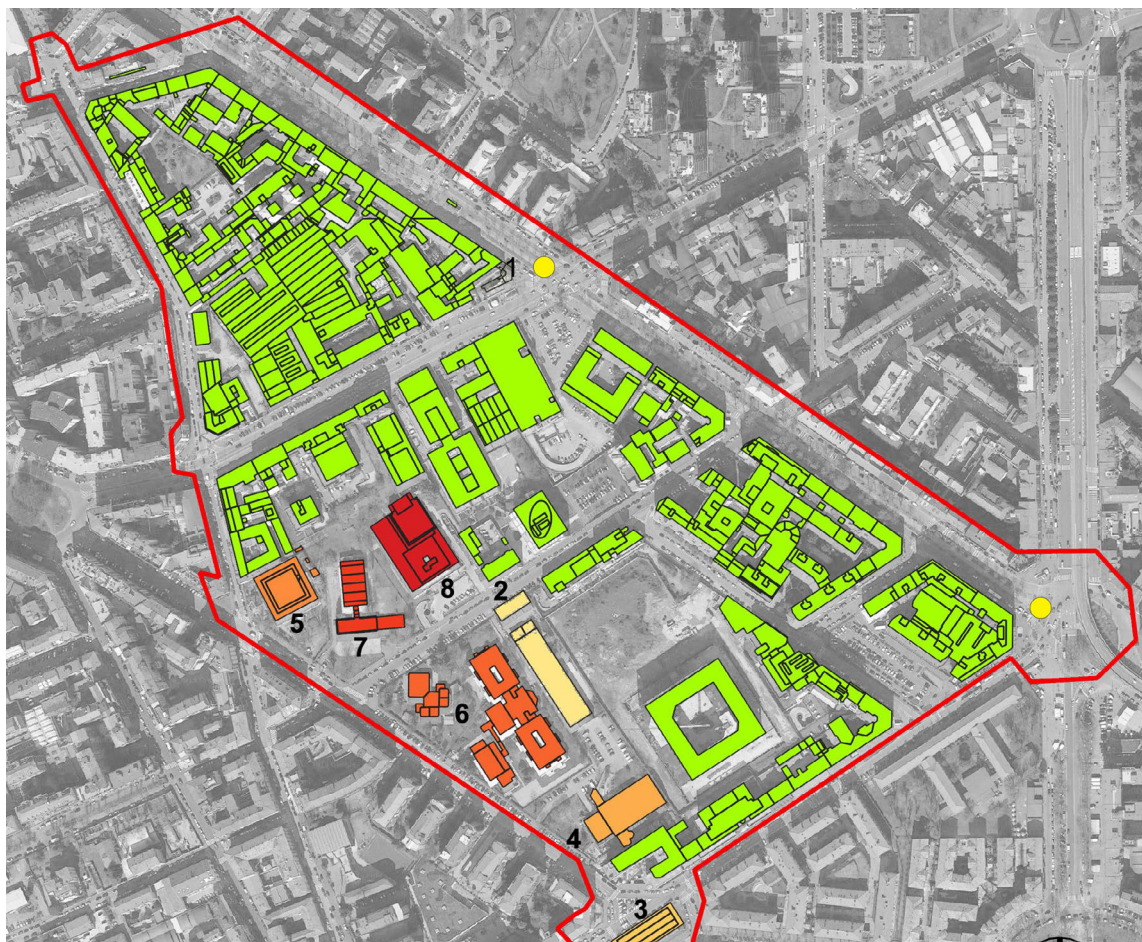


Fig. 36 - Principali funzioni di carattere pubblico nell'ambito di progetto / Main public functions within the project context (Source: Elaboration by Davide Cerati).

FLUSSI MEDI ORARI NELLE ORE DI PUNTA:



Fig. 37 - Caratteristiche della mobilità dell'ambito di progetto / Local mobility characteristics of the project area (Source: Elaboration by Davide Cerati).

anche superiori ai 70°C che costituiscono indubbiamente una significativa barriera climatico-ambientale per l'accessibilità e fruibilità pedonale dell'asse stradale.

Il progetto di rigenerazione ambientale ha assunto quindi quale obiettivo principale la mitigazione delle temperature estive attraverso soluzioni di reinfrustrutturazione sia *nature-based* (nuove piantumazioni, incremento delle aree permeabili e formazione di biobacini), sia artificiali (pavimentazioni ad alta riflettanza e fotocatalitiche) (Tartaglia et al., 2019). La sezione stradale di viale Brenta viene parzialmente modificata con l'introduzione di un percorso ciclabile in sede protetta localizzato centralmente al viale, schermato ai lati da consistenti siepi arbustive, mentre ai lati delle due corsie veicolari, lungo i marciapiedi, sono previste le nuove piantumazioni a filare e i biobacini; l'area di parcheggio prospiciente il supermercato all'angolo tra viale Brenta e corso Lodi, oggi del tutto priva di vegetazione e con una pavimentazione in asfalto del tutto impermeabile, viene integralmente riconfigurata, razionalizzando il sistema della sosta e introducendo nuove consistenti alberature con prevalente funzione di ombreggiamento, e ridise-



Fig. 38a - Analisi delle caratteristiche termiche dell'ambito di progetto / *Analysis of the thermal characteristics of the project area* (Source: Elaboration by Davide Cerati).

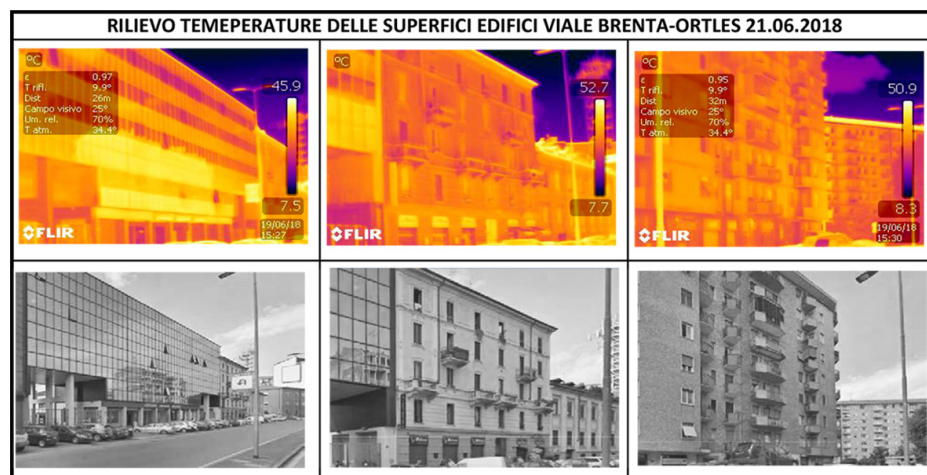


Fig. 38b - Analisi delle caratteristiche termiche dell'ambito di progetto / *Analysis of the thermal characteristics of the project area* (Source: Elaboration by Davide Cerati).

resulted in line with those typical of «highly urbanized areas, with medium or low density, with large and low buildings and asphalted parking lots» (Oke model, WMO, 2007).

Among the environmental weaknesses that transpired, the presence of an urban heat island is remarkable (Fig. 38a), also found through an in-situ survey using a thermal chamber, measuring the temperature conditions on the ground along the avenue, and those of the building envelopes overlooking the sidewalks. In the summer period, the overheating of both horizontal surfaces (carriageway and sidewalks) and facades of the buildings, are particularly self-evident (Fig. 38b), with spikes even higher than 70°C, that undoubtedly pose a significant climatic-environmental barrier to pedestrian accessibility and usability of the road axis.

The environmental regeneration project had as a main goal the mitigation of summer temperatures via nature-based (new plantings, increase in permeable areas and bio-basins creation) as well as artificial (high-reflectance and photocatalytic flooring) solutions (Tartaglia et al., 2019). The Viale Brenta road section is partially altered with the introduction of a cycle path in a protected location situated centrally on the avenue, shielded on the sides by substantial shrub hedges, while on the sides of the two vehicle lanes, along the sidewalks, new plantings in row and bio-basins are planned; the parking area facing the supermarket at the corner between Viale Brenta and Corso Lodi, now completely lacking vegetation and with an entirely waterproof asphalt pavement, is comprehensively reconfigured, rationalizing the parking system and, introducing new sizeable trees with prevalent shading function, and, thus, re-designing its margins through the creation of bio-basins that also play an acoustic and visual shielding role against vehicular traffic. Along the entire route, the lanes and sidewalks are treated with draining or photocatalytic flooring (Fig. 39).

The environmental and microclimatic benefits stemming from the proposed solutions have been assessed in comparison with the current state of affairs, with predictive simulations based on the morphotopological analyses carried out, and on the climatic records collected in situ or drawn from the Municipality of Milan and ARPA Lombardia databases; the measurement of the indicators of thermal comfort perceived by users in the hottest hours (21st June 2018, summer solstice) revealed limited improvements concerning air temperature mitigation, but significant and positive changes in the temperature perception index (Universal Thermal Climate Index UTCI) (Fig. 40). The computation of the UTCI also took in consideration the reference values for vulnerable users (in particular elderly people), thus testing the comfort conditions in walking or stopping along Viale Brenta during peak temperatures.

In addition, the modelling enabled to streamline the choices relating to the positioning of the trees along the avenue and in the parking area, ensuring that the large canopies of the new trees



Fig. 39 - Schemi progettuali / Project diagrams (Source: Elaboration by Davide Cerati).

gandone i margini attraverso la formazione di biobacini che svolgono anche un ruolo di schermatura acustica e visiva nei confronti del traffico veicolare. Lungo l'intera tratta, le corsie di marcia e i marciapiedi sono trattati con pavimentazioni drenanti o fotocatalitiche (Fig. 39).

I benefici ambientali e microclimatici derivanti dalle soluzioni proposte sono stati valutati in comparazione con lo stato di fatto, con simulazioni predittive basate sulle analisi morfotopologiche svolte e sui dati climatici rilevati *in situ* o estratti dai database del Comune di Milano e di ARPA Lombardia; la misurazione degli indicatori del *comfort* termico percepito dai fruitori nelle ore più calde (21 giugno 2018, solstizio estivo) hanno mostrato limitati miglioramenti in termini di riduzione della temperatura dell'aria, ma significativi e positivi cambiamenti dell'indice di percezione della temperatura (Universal Thermal Climate Index UTCI) (Fig. 40). Il calcolo dell'UTCI ha considerato anche i valori di riferimento relativi a fruitori fragili (in particolare le persone anziane), verificando quindi le condizioni di *comfort* nel percorrere o sostare lungo viale Brenta durante i periodi di picco delle temperature.

La modellizzazione ha consentito inoltre di ottimizzare le scelte relative al po-

sizionamento delle alberature lungo il viale e nell'area di parcheggio, verificando che le chiome ampie dei nuovi alberi non costituiscano un elemento di barriera rispetto alla velocità e alla direzione dei venti prevalenti nella stagione estiva, consentendo quindi la dispersione degli inquinanti aerei prodotti dal traffico veicolare in transito. A fronte di un buon miglioramento del benessere percepito nelle situazioni di picco di calore, è stato però registrato un potenziale incremento dell'umidità relativa generata dalla nuova vegetazione, condizione che necessiterà di ulteriori approfondimenti nello sviluppo del progetto in quanto potrebbe incidere negativamente sul benessere percepito.

In termini generali, il caso studio dimostra l'importanza di un utilizzo delle NBS attento alla valorizzazione della loro multifunzionalità: in coerenza con le indicazioni del Consiglio delle Nazioni Unite per i Diritti dell'Uomo, le azioni di mitigazione e adattamento al cambiamento climatico possono infatti diventare occasione per migliorare l'accessibilità e il decoro dello spazio pubblico urbano, con benefici percepibili dagli utenti: nel caso specifico, la riduzione del rischio per le categorie più fragili contribuisce in modo significativo a una maggior fruibilità di spazi aperti e servizi attrattivi, oggi penalizzati da un significativo effetto di isola di calore urbana.

did not represent a barrier element with respect to the speed and direction of the prevailing winds in the summer season, allowing thus the dissipation of air pollutants produced by vehicular traffic in transit. In spite of a fair improvement of perceived wellbeing in peak heat situations, a potential increase in relative humidity generated by the new vegetation was, however, recorded, such condition will require further investigation in the development of the project, as it could adversely affect the perceived wellbeing.

Broadly speaking, the case study demonstrates the significance of an NBSs usage attentive to the enhancement of their multifunctionality: in accordance with the indications of the United Nations Council for Human Rights, actions of mitigation and adaptation to climate change can, indeed, become an opportunity to improve the accessibility and decor of the urban public space, with perceivable benefits for users: in the case in point, the reduction of risk for the most vulnerable categories significantly contributes to a greater usability of open spaces and attractive services, currently penalised by a substantial urban heat island effect.

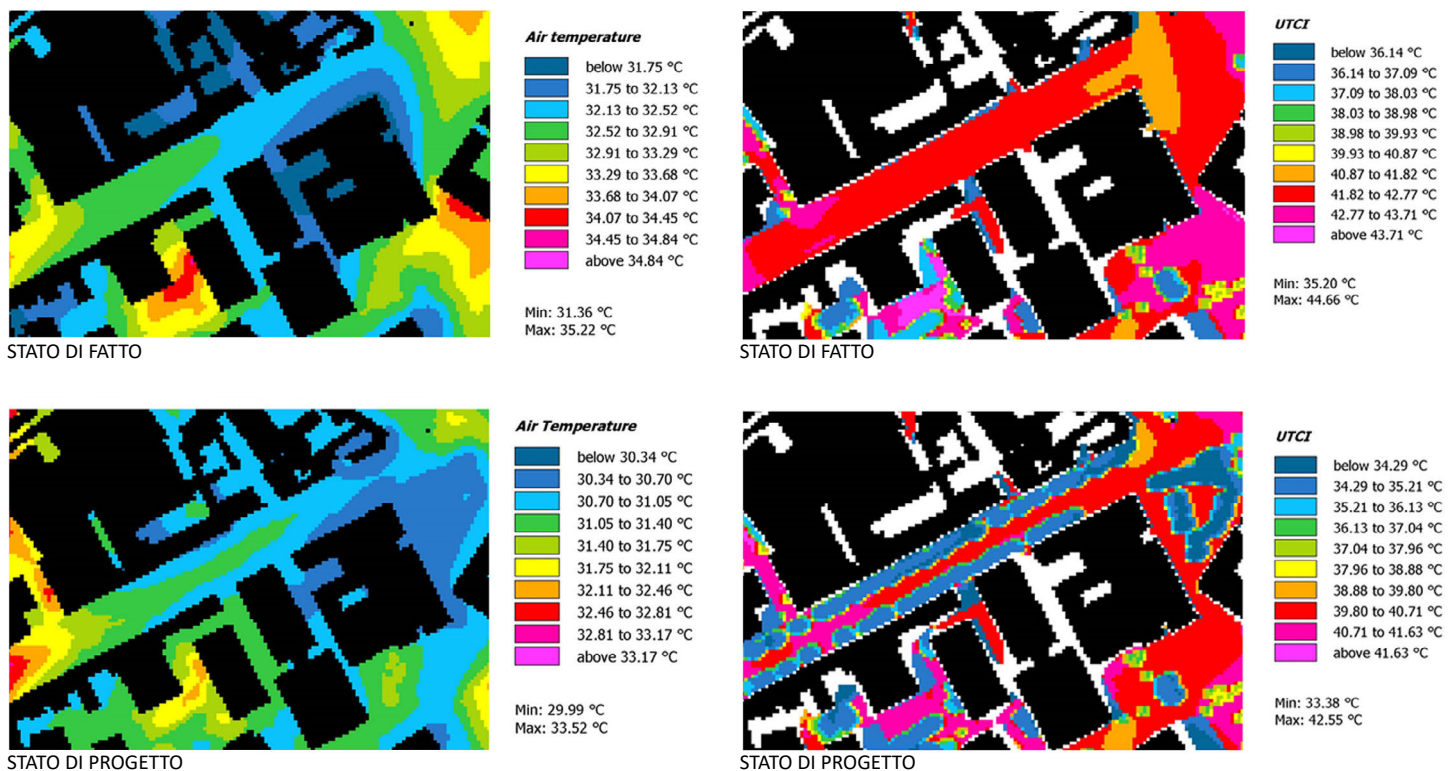
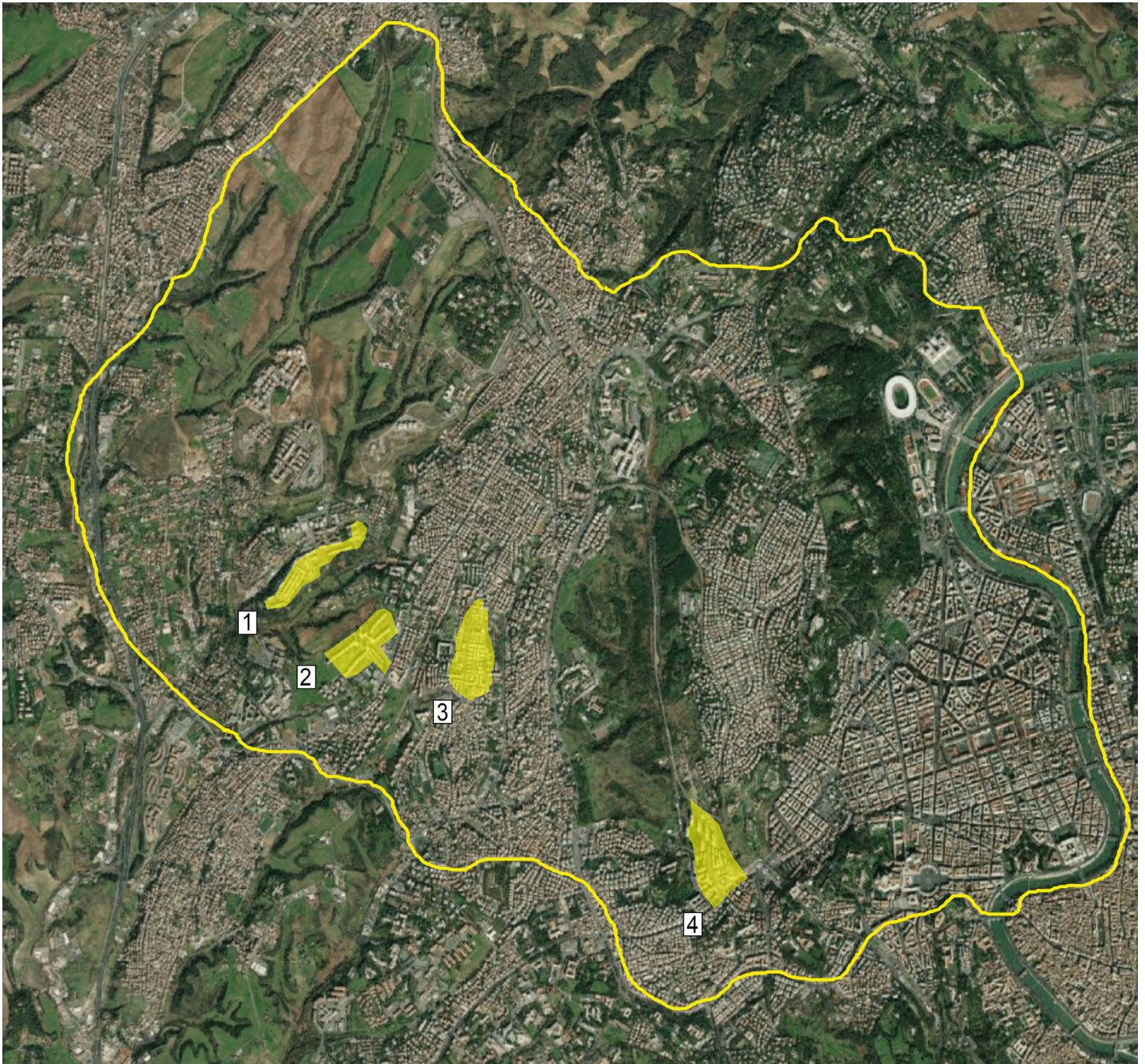


Fig. 40 - Confronto nello stato di fatto e nello stato di progetto della temperatura dell'aria (a sinistra) e dell'UTCI (a destra) alle ore 15.00 del 21/06/2018 / Comparison of the air temperature (on the left) and the UTCI (on the right) in the actual state and in the project state at 15.00 on 21/06/2018 (Source: Elaboration by Davide Cerati).

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 / Architecture, City and Territory towards a Green Economy. Building a manifesto of the Green Economy for the architecture and the city of the future*, Edizioni Ambiente, Milano.
- Battisti, A., Mussinelli, E. & Rigillo, M. (2020), "Spazio pubblico e qualità urbana / Public space and urban quality", *Tecne. Journal of Technology for Architecture and Environment*, vol. 19, pp. 17-23.
- Bertuglia, C.S., Rota, F.S. & Staricco, L. (2004), *Pianificazione strategica e sostenibilità urbana. Concettualizzazioni e sperimentazioni in Italia*, Franco Angeli, Milano.
- CNT Center for Neighborhood Technology (2011), *The value of Green Infrastructure*, Center for Neighborhood Technology, Chicago.
- CNT Center for Neighborhood Technology (2012), *Upgrade Your Infrastructure*, Center for Neighborhood Technology, Chicago.
- DEP Lazio - Dipartimento di Epidemiologia del Servizio Sanitario Regionale Regione Lazio (2016), *Ondate di calore ed effetti sulla salute estate 2015 - sintesi dei risultati*, Ministero della Salute.
- EEA European Environment Agency (2017), *Air quality in Europe*, report n. 13, available at: <https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2017> (accessed November 2020).
- EPA Unites States Environmental Protection Agency (2014), *The Economic Benefits of Green Infrastructure: A Case Study of Lancaster, PA*, available at: https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-10/documents/cnt-lancaster-report-508_1.pdf (accessed November 2020).
- European Commission, Directorate-General for Research and Innovation (2015), *Towards an EU Research and Innovation policy agenda for Nature-Based Solutions & Re-Naturing Cities*, Publications Office of the European Union.
- Fiorillo, A. et alii (eds) (2017), *Ecosistema Urbano. Rapporto sulle performance ambientali delle città 2017*, Legambiente, Roma.
- Gallent, N. & Shaw, D. (2007), "Spatial planning, area action plans and the rural-urban fringe", *Journal of Environmental Planning and Management*, vol. 50 (5), pp. 617-638.
- Gianni, F. (2007), *Via per via gli alberi di Milano*, Mondadori, Milano.
- Gill, S., Handley, J.F., Ennos, R. & Pauleit, S. (2007), "Adapting Cities for Climate Change: The Role of the Green Infrastructure", *Built Environment*, vol. 33 (1), pp. 115-133.
- ISPRA (2016), *Qualità dell'ambiente urbano. XII Rapporto Edizione 2016*, Stato dell'ambiente 67.
- ISTAT (2012), *Indicatori ambientali urbani. Anno 2011*, Statistiche Report.
- ISTAT (2018), *Temperatura e precipitazione nelle principali città. Anni 2002-2016*, Statistiche Report.
- McPherson, E.G. et alii (2006), *Midwest Community Tree Guide. Benefits, Costs, and Strategic Planting*, Createspace Independent Publishing, US.
- Mocchi, M. (2020), "Storia e cronaca di un progetto", in UCTAT (ed), *Una strategia per il sud-est di Milano. L'hub di Rogoredo*, Maggioli, Santarcangelo di Romagna, pp. 93-100.
- Mussinelli, E. & Castaldo, G. (2015), "Scale e temi del progetto nella nuova dimensione metropolitana. Una sperimentazione per la zona omogenea sud-est di Milano / Design and Scale Issues in the New Metropolitan City: A study of the south-east Milan homogeneous zone", *Tecne. Journal of Technology for Architecture and Environment*, vol. 10, pp. 153-160.
- Mussinelli, E. & Tartaglia, A. (eds) (2020), *Nodi infrastrutturali e rigenerazione urbana. Stazioni, spazio pubblico, qualità ambientale*, Maggioli, Santarcangelo di Romagna.
- Mussinelli, E., Tartaglia, A. & Leone, M. (2018a), "Progettazione ambientale per la rigenerazione sostenibile e resiliente delle aree rurali periurbane / Environmental design for the sustainable and resilient regeneration of the periurban rural areas", in Tartaglia, A. & Cerati, D. (eds), *Progetto e valorizzazione dei territori rurali metropolitani. Proposte per il Sud-Abbatense / Design and enhancement of the metropolitan rural territories. Proposals for the South-Abbatense*, Maggioli, Santarcangelo di Romagna, pp. 29-37.
- Mussinelli, E., Tartaglia, A., Bisogni, L. & Malcevski, S. (2018b), "Il ruolo delle Nature-Based Solutions nel progetto architettonico e urbano / The role of Nature-Based Solutions in architectural and urban design", *Tecne. Journal of Technology for Architecture and Environment*, vol. 15, pp. 116-123.
- Mussinelli, E., Tartaglia, A., Cerati, D. & Castaldo, G. (2018c), "Qualità e resilienza ambientale nelle proposte di intervento per il sud Milano: un'analisi quanti-qualitativa delle infrastrutture verdi", *Le Valutazioni Ambientali-Valutare la rigenerazione urbana*, vol. 2, pp. 79-98.
- OECD (2003), *Environmental indicators, Development, measurement and use*, available at: <http://www.oecd.org/environment/indicators-modeling-outlooks/24993546.pdf> (accessed November 2020).
- Perini, K. (2013), *Progettare il verde in città*, Franco Angeli, Milano.
- Pugh, T., Mackenzie, A., Whyatt, D. & Hewitt, C.N. (2012), "Effectiveness of Green Infrastructure for Improvement of Air Quality in Urban Street Canyons", *Environmental Science & Technology*, vol. 46 (14), pp. 7692-7699.

- Schiaffonati, F. (2017), “Le sfide del sud-est: una città nella città”, in UCTAT (ed), *Proposte e progetti per il sud Milano. Il ruolo dei Municipi*, Notizie dal Comune, Cavenago di Brianza, pp. 21-25.
- Schiaffonati, F. (2019), *Paesaggi milanesi. Per una sociologia del paesaggio urbano*, Lupetti, Milano.
- Schiaffonati, F., Castaldo, G. & Mocchi, M. (2017), *Il progetto di rigenerazione urbana. Proposte per lo scalo di Porta Romana a Milano*. Maggioli, Santarcangelo di Romagna.
- Tartaglia, A., Mussinelli, E., Cerati, D. & Castaldo, G., (2019), “Questioni inerenti l’accessibilità dello spazio pubblico e il cambiamento climatico / Public Space Accessibility and Climate Change Issues”, in Baratta, A.F.L., Conti, C. & Tatano, V. (eds), *Abitare inclusivo. Il progetto per una vita autonoma e indipendente / Inclusive living. Design for an autonomous and independent living*, Arteferma, Conegliano, pp. 48-57.
- UCTAT (ed) (2017), *Proposte e progetti per il Sud Milano. Il ruolo dei Municipi*, Notizie dal Comune, Cavenago di Brianza.
- UCTAT (ed) (2020), *Una strategia per il sud-est di Milano. L’hub di Rogoredo*, Maggioli, Santarcangelo di Romagna.
- WMO World Meteorological Organization (2007), *WMO statement on the status of the global climate in 2006*, n. 1016.
- Zhang, X., Lu, H. & Holt, J. (2011), “Modelling spatial accessibility to parks: A national study”, *International Journal of Health Geographic*, n. 10 (31), pp. 1-14.



Roma, Zona Nord-Ovest, ortofoto elaborata su Geoportale Regione Lazio. Individuazione della Macroarea urbana oggetto della sperimentazione, e delle 4 aree ove si sono sviluppati i progetti dimostratori: 1. Quartaccio; 2. Torvecchia; 3. Primavalle; 4. Pineto-Valle Aurelia / *Rome, North-West Area, orthophoto elaborated on Geoportale Regione Lazio. Identification of the urban Macro-area object of the experimentation, and of the 4 areas where the demonstrator projects have been developed: 1. Quartaccio; 2. Torvecchia; 3. Primavalle; 4. Pineto-Valle Aurelia* (Source: Elaboration by Research Unit Sapienza Università di Roma).

3. Conoscenza, strategie e progetti dimostratori per i Distretti urbani del quadrante Nord-Ovest di Roma

Knowledge, Strategies and Demonstration Projects for the Urban Districts in Rome's Northwestern Quadrant

Fabrizio Tucci, Valeria Cecafosso, Marco Giampaolletti
Sapienza Università di Roma

3.1 CONSIDERAZIONI DI INQUADRAMENTO

In questo capitolo il centro delle riflessioni è costituito dalle molteplici e problematiche connessioni dei cambiamenti climatici con l'urbanizzazione, e dalle possibili strategie progettuali e azioni d'intervento per migliorarne le capacità di adattamento e resilienza, per cogliere, dell'area di studio, dapprima i fattori di rischio e le relative vulnerabilità in relazione ai cambiamenti climatici e ai fattori ambientali, poi le potenzialità d'intervento sulle quali basare la costruzione di un quadro di indirizzi progettuali calati nelle specificità dei contesti.

Tale quadro fa da fondamento alla fase sperimentale-progettuale della ricerca attraverso la messa a punto di una metodologia, che possiamo sintetizzare con l'espressione *input modelling - simulation ex ante - output modelling - simulation ex post*, applicata a quattro progetti dimostratori che interessano un distretto urbano periferico nel quadrante nord-ovest della Capitale, caratterizzato da quattro insediamenti ex IACP consolidati nei decenni ma fortemente degradati, con l'idea di costruire un modello d'uso di "tipi" di intervento progettuale sul piano tecnologico-ambientale, per la loro implementazione e utilizzo in altri contesti aventi caratteristiche analoghe, seppur con la imprescindibile adattività alle differenze, in modo da dare alla sperimentazione il ruolo e il carattere di una costante evoluzione *in progress* nell'approccio metodologico e nella definizione dei quadri strategici e operativi. L'attività di ricerca si è concentrata sui modelli di rigenerazione urbana improntati sul *Climate Adaptive Design*, rispetto ai quali è noto come la comunità scientifica abbia maturato negli ultimi anni la consapevolezza che, per incidere efficacemente sulla qualità ambientale ed ecosistemica della città, sia necessaria la compresenza di almeno due elementi fondamentali: da un lato, un'azione che agisca non per sommatoria di interventi puntuali alla scala dell'efficientamento dei singoli edifici ma in maniera sistematica sul tessuto urbano o su parti significative di esso; dall'altro, una piattaforma che metta a sistema l'elevata qualità ambientale, la efficienza e circolarità delle risorse, e la mitigazione delle cause dei cambiamenti climatici, in un quadro di benessere basato sulla inclusione sociale e sullo sviluppo di lunga durata della città. In effetti, a fronte della condizione di incertezza della nostra epoca, è ormai inderogabile che la ricerca e la sperimentazione applicata prendano posizione in merito almeno a tre aspetti del processo progettuale:

- in relazione all'uso degli strumenti di simulazione, operando delle scelte sul modo di misurare, nonchè sull'uso degli indicatori e della scala alla quale applicarli;
- riguardo alle previsioni e ai tracciamenti delle scelte strategico-applicative, "informate" e arricchite di consapevolezza delle performance attese dai risultati simulativi;

3.1 BACKGROUND CONSIDERATIONS

The reflections in this chapter centre around the multiple and problematic connections of climate change with urbanization, and the possible planning strategies and intervention actions to improve their capacities for adaptation and resilience, in order to grasp first the study area's risk factors and related vulnerabilities in relation to climate change and environmental factors, and then the intervention potential upon which to base the construction of a framework of planning directions inserted into the specific features of the various settings.

This framework is the foundation for the research's experimental/design phase, through the preparation of a methodology that we may sum up with the expression "input modelling - ex ante simulation - output modelling - ex post simulation", applied to four demonstration projects involving a peripheral Urban District in the Northeastern quadrant of the Capital, marked by four former public housing (IACP) settlements consolidated over decades but strongly decayed; the idea is to build a use model of "types" of planning intervention on the technological-environmental level, for their implementation and use in other settings having similar characteristics, albeit with the indispensable adaptivity to differences, in such a way as to give experimentation the role and character of a constant evolution in progress, in methodological approach and in the definition of strategic and operative frameworks. The research activity concentrated on models of urban regeneration shaped by Climate Adaptive Design, for which the scientific community is known in recent years to have accumulated an awareness that, in order to effectively impact the city's environmental and ecosystemic quality, the simultaneous presence of at least two fundamental elements is required: on the one hand, an action that works not by summation of spot interventions on the scale of the efficiency of individual buildings, but systematically on the urban fabric or on significant parts of it; on the other, a platform that systematizes high environmental quality, the efficiency and circularity of resources, and mitigation of the causes of climate change,

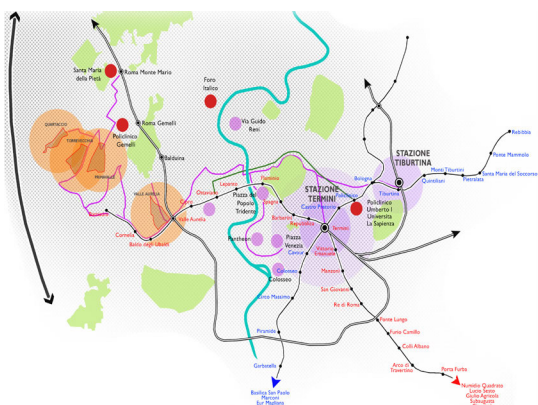


Fig. 1 - Schema delle principali infrastrutture e della mobilità dei quartieri oggetto di sperimentazioni ubicati nel quadrante Nord-Ovest della città di Roma e la stazione Termini / *Scheme of the main infrastructures and mobility of the districts subject to experimentation located in the North-West quadrant of the city of Rome and Termini station* (Source: Elaboration by Research Unit Sapienza Università di Roma).

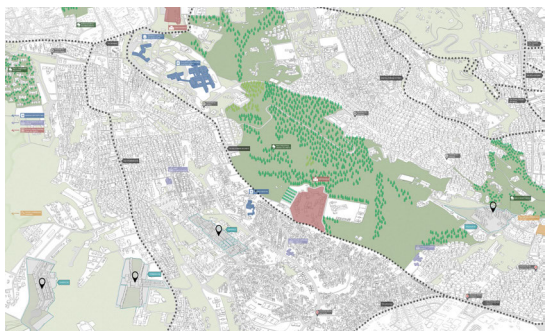


Fig. 2 - Vista 3D con individuazione dei quartieri ex IACP oggetto della sperimentazione / *3D view with identification of the former IACP neighborhoods object of the experimentation* (Source: Elaboration by Research Unit Sapienza Università di Roma).

in a framework of well-being based upon social inclusion and upon the city's long-term development. In effect, given the condition of uncertainty in our time, it is now indispensable for applied experimentation and research to take a position with regard to at least three aspects of the design process:

- *in relation to the use of simulation tools, by making choices on the way of measuring, as well as on the use of the indicators and of the scale at which to apply them;*
- *regarding the forecasts and the tracking of the strategic-applicative choices, "informed" by and enriched with knowle-*

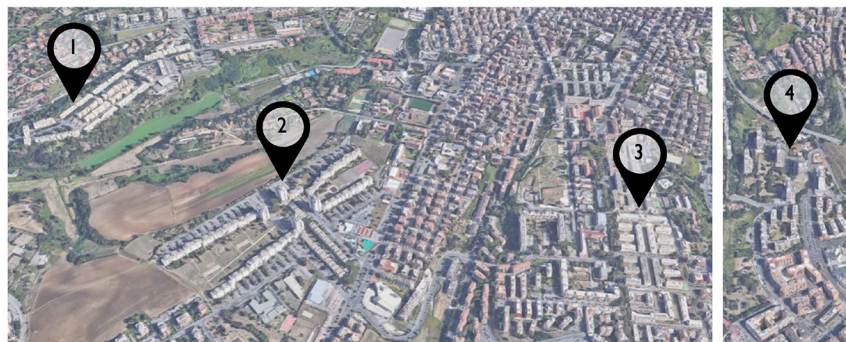
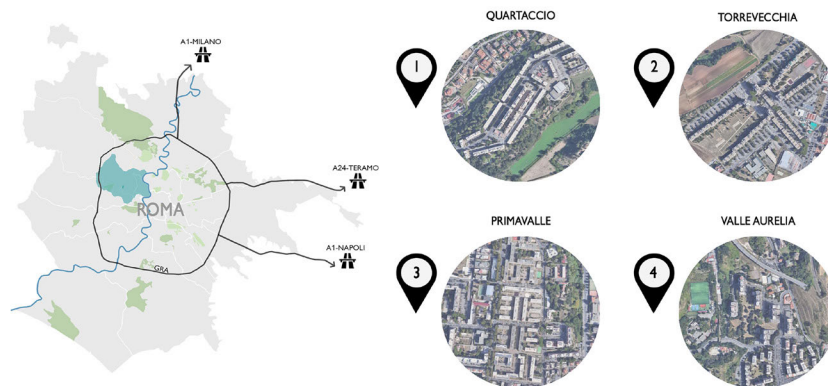


Fig. 3 - Inquadramento delle aree oggetto di sperimentazione / *Overview of the areas subject to experimentation* (Source: Elaboration by Research Unit Sapienza Università di Roma).

- rispetto alle valutazioni delle ricadute di tali scelte, anche operando comparazioni tra simulazioni dei comportamenti prestazionali *ex ante* e simulazioni di quelli *ex post*, e puntando a evidenziare gli aspetti più caratterizzanti negli ambiti delle ricadute positive ma anche di quelle negative.
- Queste le tre sfide-portanti della ricerca, che lanciano la necessità di confrontarsi su una reale serie di sperimentazioni progettuali.

3.2 MACROAREA E DISTRETTO DEL QUADRANTE NORD-OVEST DI ROMA: COSTRUZIONE DI UN QUADRO DI CONOSCENZA

3.2.1 Inquadramento generale: Caratteri generali della Macroarea, criteri di individuazione del distretto Valle Aurelia-Primavalle-Torrevecchia-Quartaccio

Caratteri generali

L'area oggetto di studio, costituita dai quartieri limitrofi di Primavalle, Torrevecchia, Quartaccio e Pineto-Valle Aurelia, ha una estensione di 5,9 kmq. e una densità di 13.494,9 abitanti per kmq a Primavalle, Torrevecchia e Quartaccio e di 1.123,9 a Pineto-Valle Aurelia. L'area rappresenta il 4,4% del Municipio XIV (133,5 kmq) che ha una densità di 1.436,8 abitanti contro una densità romana di 2.213,3 ed è collocata nel perimetro del GRA nel quadrante Nord-Ovest di Roma.

Il territorio si estende alla destra del Fiume Tevere, con un confine a nord lun-

ANALISI DELLE INFRASTRUTTURE, DELLA MOBILITÀ E DELLA VIABILITÀ

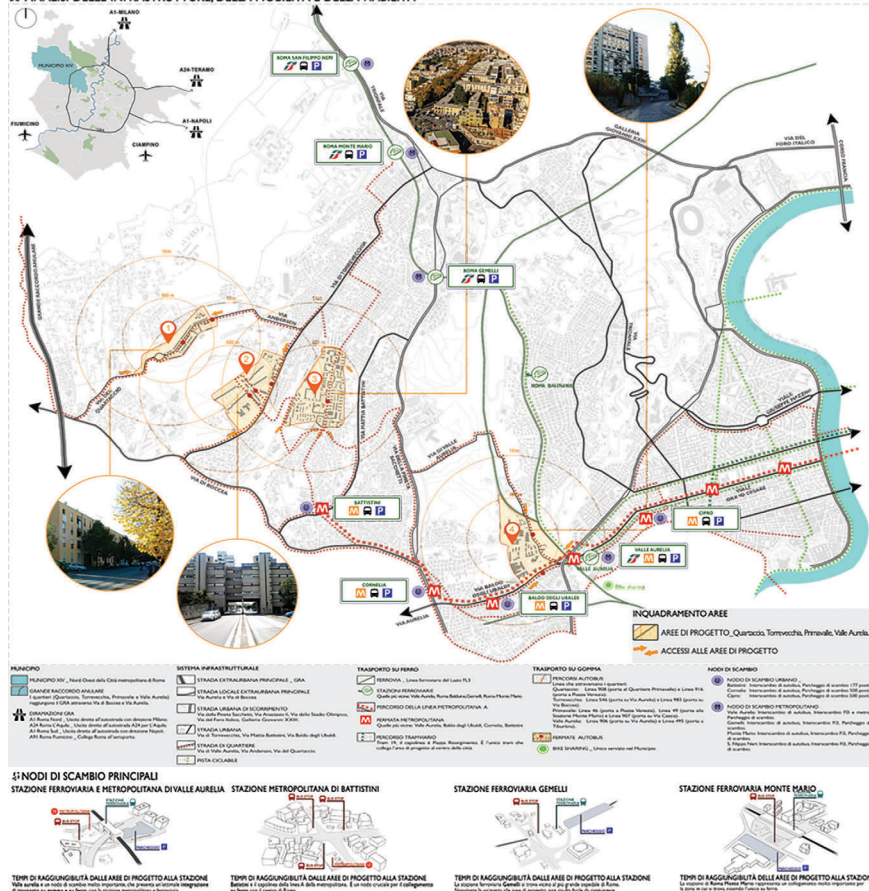
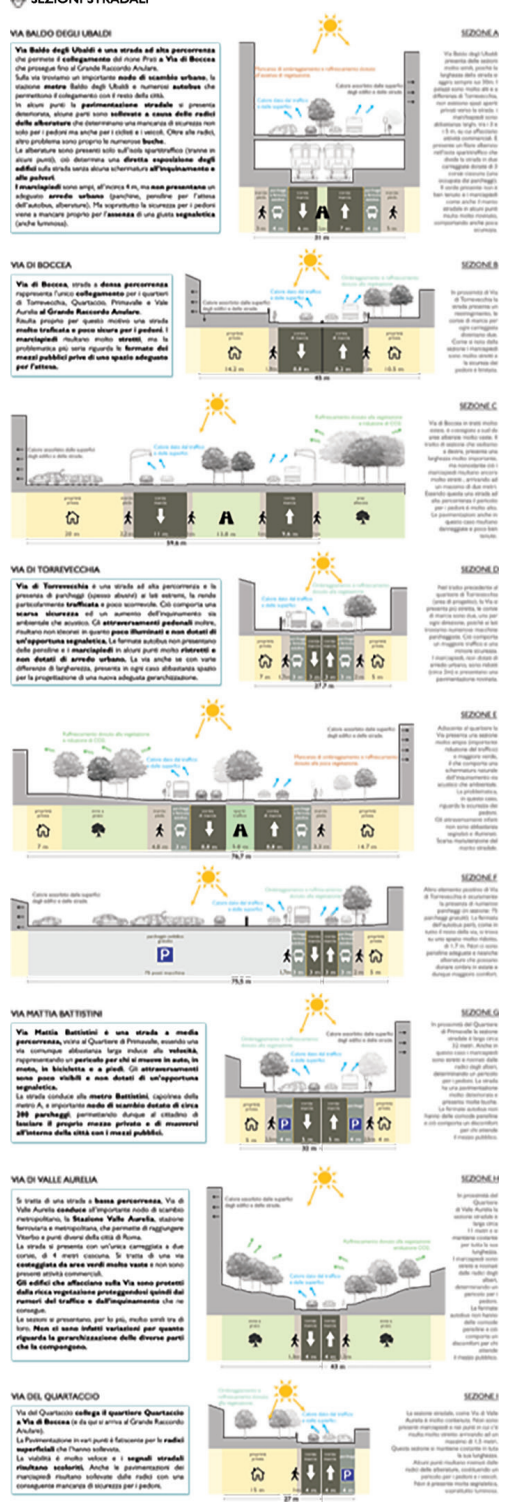


Fig. 4 - Analisi delle infrastrutture e della mobilità, di lato le principali sezioni stradali / Analysis of infrastructure and mobility, on the side the main road sections (Source: Elaboration by Research Unit Sapienza Università di Roma).

go via Cassia. Dal punto di vista morfologico è costituito da rilievi collinari con quote massime in corrispondenza di Monte Mario (144 m) che degradano verso Ovest fino a valori medi di 80-100 m. cui corrispondono valli con fondovalle intorno a 40-55 m. L'area è caratterizzata da depositi geologici che da ambiente marino, passano a infralitorale e di spiaggia e successivamente verso ambienti continentali fluvio-lacustri. I terreni più antichi (Pliocene e Pleistocene inferiore) sono rappresentati dalle argille marine di Monte Vaticano che affioravano ai piedi di Monte Mario e lungo la Valle dell'Inferno. Sono inoltre diffuse sabbia, argille e ghiaia trasportate dal Tevere che raggiungeva direttamente il mare con un ampio delta. I prodotti vulcanici provenienti soprattutto dai Monti Sabatini ricoprivano le sommità dei rilievi collinari. Il territorio non è caratterizzato da particolari rischi geologici. Da notare inoltre che l'area è stata un importante luogo di transito verso l'area Etrusca attraverso le vie Cassia e Trionfale.

Primavalle è stata una delle borgate più interessate dal trasferimento in massa della popolazione che occupava il tessuto medioevale di Roma, abbattuto per la re-

SEZIONI STRADALI



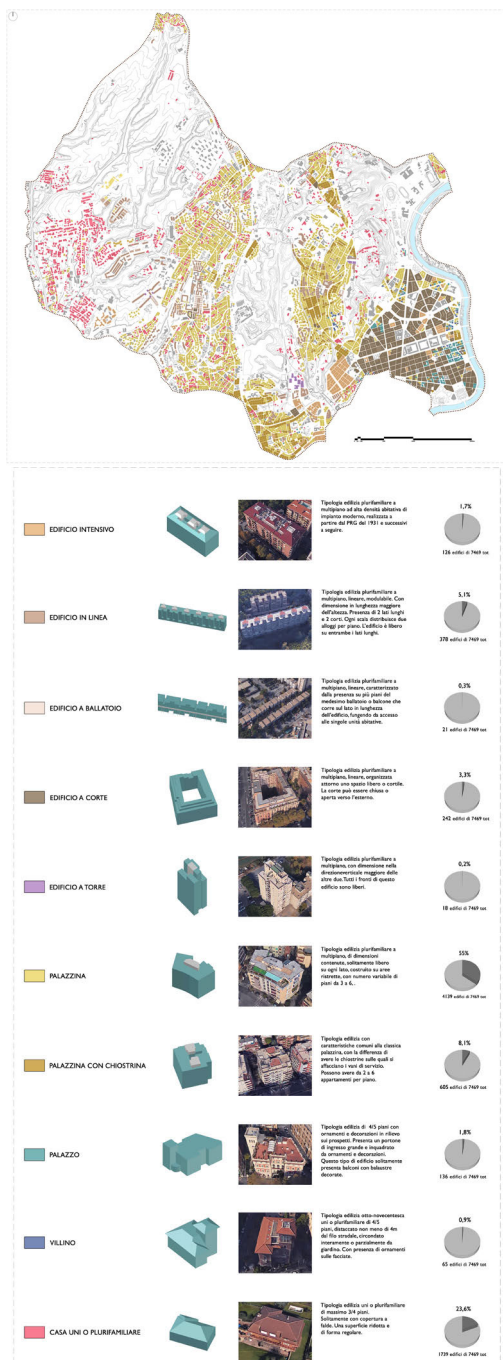


Fig. 5-6 - Sistema delle tipologie edilizia dell'area Nord-Ovest di Roma e legenda illustrata / *System of building typologies of the North-West area of Rome and illustrated legend* (Source: Elaboration by Research Unit Sapienza Università di Roma).

alizzazione delle grandi arterie del centro storico previste dal PRG del 1931. Tale piano è stato ultimato negli anni '50 ma i servizi previsti sono stati realizzati solo in minima parte. Nel decennio 1961-71 è stato edificato intorno al primo nucleo oltre il 50% dei fabbricati della borgata grazie al forte impulso dato dagli interventi di edilizia economica e popolare previsti dalla legge n. 167/1962 ma anche allo sviluppo edilizio spontaneo in particolare nella zona nord. Il nucleo originario di edilizia pubblica ex IACP conserva in ogni caso la sua attrattività pur senza la qualificazione necessaria e la difficile accessibilità.

Torrevecchia è invece di più recente costituzione. Infatti, il quartiere è stato realizzato con i finanziamenti della legge n. 584/1977 (Provvedimenti urgenti per l'accelerazione dei programmi in corso di edilizia residenziale pubblica), progettato nel 1978 e completato nel 1984. La zona, fino agli anni '60, era essenzialmente parte dell'agro romano con piccole casupole sparse qua e là e tutt'ora sono evidenti i segni della passata vocazione agricola. All'inizio del decennio successivo l'area è stata interessata da una forte urbanizzazione fino a lambire Primavalle.

Quartaccio è invece stato edificato successivamente, fra il 1985 e il 1988, nell'ambito del programma di edilizia pubblica previsto dalla legge 94/1982 cui va aggiunto il limitrofo quartiere residenziale di edilizia convenzionata. L'area edificata è caratterizzata da un pianoro di forma allungata delimitato da due valli ricoperte di vegetazione, al fondo delle quali scorrono le acque di due fossi (Mimmoli e Capannelle). L'insediamento occupa la sommità di questo pianoro e lascia libere da costruzioni le scarpate delle valli.

Pineto-Valle Aurelia rappresenta una zona urbanistica inserita all'interno di Valle Aurelia, una borgata nata intorno al 1870 caratterizzata dall'estrazione di argille, dalla presenza delle fornaci per l'industria dei laterizi e delle ceramiche, chiuse definitivamente negli anni sessanta, e dalle abitazioni per i fornai di origine veneta. Valle Aurelia è anche chiamata Valle dell'Inferno per la strage delle truppe pontificie compiuta dai Lanzichenecchi nel 1527 e non per il fumo che fuoriusciva dai comignoli o per la proibitiva attività che vi si svolgeva. Alla chiusura delle fornaci (1960) risiedevano nella zona circa 2.000 abitanti, ridottisi nel tempo fino all'esaurimento, e nel 1981 la borgata è stata rasa al suolo, fatta eccezione della Chiesa di Santa Maria della Provvidenza e di un piccolo nucleo di case a essa antistanti. Delle 18 fornaci esistenti, due sono rimaste in piedi: il comignolo della Fornace Veschi e quello della Fornace Torlonia che, oltre a essere monumenti di archeologia industriale, rappresentano un elemento connotativo dell'area richiamandone la pregressa storia produttiva. Negli anni '80 si è avuto un intervento IACP a ridosso dell'area delle fornaci e nel 2018 è stato ultimato un centro commerciale che ha preso il posto delle fornaci e a cui sono affidate le speranze di rinascita della zona.

Profilo demografico e socio-economico

Nell'ultimo decennio, dal 2009 al 2019, è stata registrata una leggera flessione del numero degli abitanti (-0,6%) con un invecchiamento della popolazione; sono infatti aumentati gli ultra 65enni in valore assoluto e in percentuale rispetto alle altre fasce di età (dal 21,2 al 22,6%, gli abitanti del XIV Municipio sono invece passati da 182.641 a 191.851 (+9.210;+5,0%) di cui almeno 6.000 sono immigrati rumeni, filippini e peruviani che sono andati a sostituire almeno in parte la diminuzione riscontrata nelle età produttive. Gli abitanti di Primavalle, Torrevecchia,



Fig. 7 - Analisi delle rilevanze paesaggistiche dell'area oggetto di sperimentazione / *Analysis of the landscape relevance of the area under experimentation* (Source: Elaboration by Research Unit Sapienza Università di Roma).

Quartaccio e Pineto-Valle Aurelia ammontano a 58.223, pari a circa un terzo dei residenti nel Municipio. Anche qui la componente anziana è aumentata a scapito oltre che delle età intermedie anche dei giovani raggiungendo il 24% nelle zone urbanistiche che costituiscono il focus dello studio e in particolare a Pineto-Valle Aurelia (34%). La rilevante presenza degli anziani non costituisce un elemento positivo, almeno in questo contesto, per i connessi costi sociali per cui tanto più è alto questo valore tanto più le aree così connotate sono considerate deboli dal punto di vista dello sviluppo economico. Gli occupati sono il 36,7% della popolazione, i disoccupati e coloro che sono in cerca di prima occupazione sono il 9,7%, una percentuale superiore a quella del municipio e a quella romana (9,5%).

La fragilità del sistema economico del XIV Municipio è ben evidenziata dalla scarsa presenza degli insediamenti produttivi che con 15.181 unità locali registrate e 11.647 attive operanti rappresentano in entrambi i casi il numero più basso fra tutti i municipi di Roma con una incidenza per 1.000 abitanti pari rispettivamente 79 e 61 unità locali per 1.000 abitanti, contro un valore di Roma di 138 e 86 (2018). Il reddito medio pro-capite è nel Municipio di 23.776,50 euro mentre quello di Roma è di 25.341,21 (2017). L'incidenza delle famiglie con potenziale disagio economico si colloca comunque al livello della città nel suo complesso (2,1%) ma le famiglie con minori e redditi inferiori a 25.000 euro ne sono 10,6%, a Roma invece 9,3%.

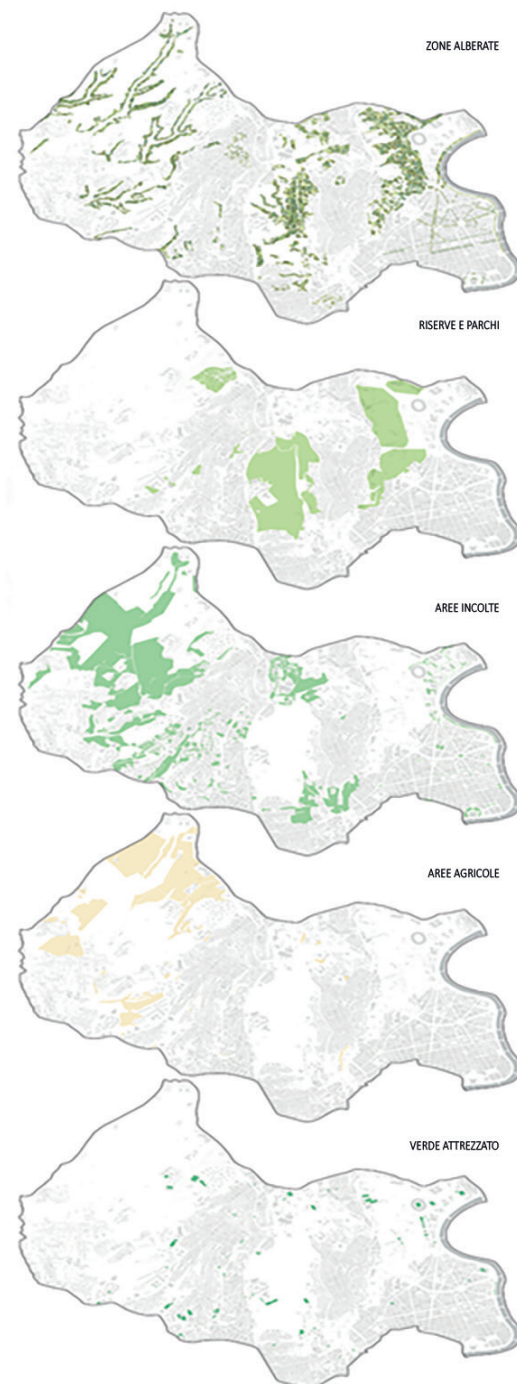


Fig. 8 - Sistema del verde dell'area oggetto di intervento / *Green system of the area subject to intervention* (Source: Elaboration by Research Unit Sapienza Università di Roma).

dge of the performance expected from the simulation results;
 - with respect to the assessments of the repercussions of these choices, also by making comparisons among simulations of ex ante performance behaviour and simulations of ex post behaviour, and aiming towards highlighting the most characterizing aspects in the settings of positive repercussions, but of negative ones as well.

These three main challenges of research raise the need to dialogue on a true series of planning experiments.

3.2 MACRO-AREA AND DISTRICT OF THE NORTHWESTERN QUADRANT OF ROME: CONSTRUCTING A KNOWLEDGE FRAMEWORK

3.2.1 General background: General characteristics of the Macro-area, criteria for identifying the Valle Aurelia-Primavalle-Torvecchia-Quartaccio District

General characteristics

The area subject to study, consisting of the adjacent neighbourhoods of Primavalle, Torvecchia, Quartaccio, and Pineto-Valle Aurelia, covers a surface area of 5.9 km² and has a density of 13,494.9 inhabitants per km² in Primavalle, Torvecchia, and Quartaccio, and 1,123.9 per km² in Pineto-Valle Aurelia. The area represents 4-4% of the Municipio XIV district (133,5 km²) which has a density of 1,436.8 inhabitants against Rome's density of 2,213.3, and is inside the perimeter of the ring road in the Northeastern quadrant of Rome.

The territory extends to the right of the Tiber River, with a Northern boundary along Via Cassia. From the morphological standpoint, it consists of hills with maximum elevations in correspondence with Monte Mario (144 m), declining to the West to average elevations of 80-100 m, corresponding with valleys with bottoms at about 40-55 m. The area is marked by geological deposits that from a marine environment transition to infralittoral and beach, and then towards continental river-lake environments. The most ancient terrains (Pliocene and Lower Pleistocene) are represented by Monte Vatican marine clays outcropping at the feet of Monte Mario and along Valle dell'Inferno. Also widespread are sand, clays, and gravel transported by the Tiber, which directly reached the sea with a large delta. The volcanic products originating above all from the Monti Sabatini covered the hilltops. The territory is not marked by particular geological risks. It also bears noting that the area was an important place of transit towards the Etruscan area by way of Via Cassia and Via Trionfale.

Primavalle was one of the peripheral areas most affected by the mass transfer of the population that occupied Rome's

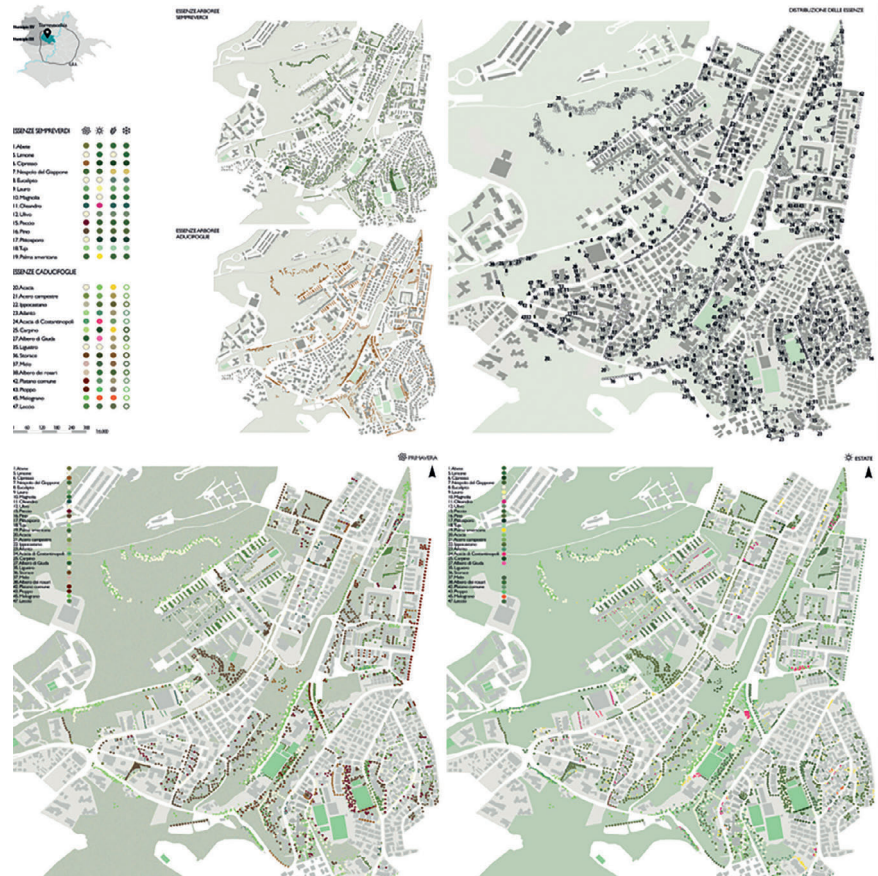


Fig. 9 - Analisi stagionale delle essenze arboree presenti nel Quartiere Primavalle / Seasonal analysis of tree essences in the Primavalle District (Source: Elaboration by Research Unit Sapienza Università di Roma).

Sistema delle infrastrutture e della mobilità

La morfologia del terreno e le poche infrastrutture per la mobilità hanno portato a un isolamento forzato dell'insediamento che si riflette anche nella scarsa dotazione di attività commerciali e di servizi, e sicuramente nel diffuso malcontento della popolazione sulla scarsa qualità dello spazio pubblico. La mobilità è congestionata e i quartieri condividono i nodi di accesso alla città costituiti da piazza Imerio e da via Cortina d'Ampezzo e gli imbocchi al GRA di via Aurelia, via Boccea, via Casal del Marmo, Montesaccato e via Trionfale. Il trasporto pubblico su ferro vede in quest'area la presenza della linea FM3 (Roma-Viterbo) con le fermate San Filippo Neri, Monte Mario e della stazione sopraelevata di Valle Aurelia e della metro A con le fermate Battistini e Valle Aurelia, difficilmente accessibili con limitati parcheggi e debole intermodalità. La circolazione interna dei quartieri è ostacolata dalla sovrapposizione delle vie principali del traffico legato alle attività commerciali.

Il trasporto pubblico su gomma locale può contare su 537 fermate nell'intero Municipio (2018), con una densità di 4,0 fermate per km e di 28,0 fermate per 10.000 abitanti, i corrispondenti valori per Roma sono di 6,5 e 29,3.



Fig. 10 - Vista 3D e analisi stagionale delle essenze arboree del Quartiere Torrevecchia / 3D view and seasonal analysis of the tree essences of the Torrevecchia District (Source: Elaboration by Research Unit Sapienza Università di Roma).

Particolarmente difficile è la situazione di isolamento del Quartaccio non solo rispetto all'area metropolitana ma anche nei confronti di Primavalle e Torrevecchia. Il suo principale asse di attraversamento è via Andersen che, utilizzato come scorciatoia per raggiungere il raccordo anulare, contribuisce a rendere ingovernabile il traffico.

Sistema dei tessuti urbani e tipologie edilizie

A Primavalle, il primo insediamento negli anni trenta dello scorso secolo si è sviluppato lungo un asse principale orientato in direzione Nord-Est che collega piazza Clemente XI e piazza Capecelatro con gli edifici paralleli e perpendicolari all'asse che non mutano l'assetto originario semirurale, caratterizzato da casette basse e piccoli orti. Il forte impulso che si è avuto negli anni '60 con gli interventi di edilizia economica e popolare e soprattutto con l'edilizia spontanea ha determinato però un cambiamento sul generale assetto urbanistico e tipologico. Si ha così un tessuto complesso, omogeneo e strutturato a est rispetto all'asse centrale di via Federico Borromeo che collega le due piazze, e composito a Ovest costituito da interventi eterogenei e dalle casette semirurali. In particolare l'intervento spontaneo

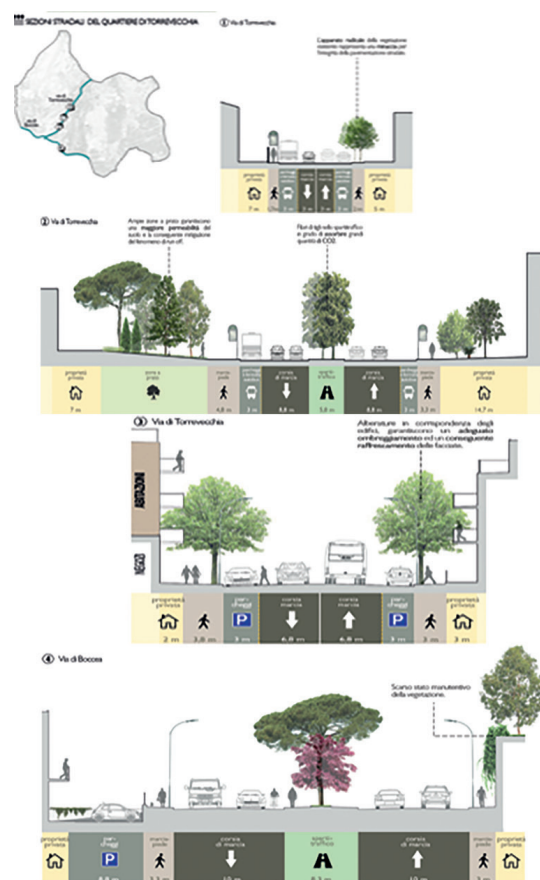


Fig. 11 - Principali sezioni stradali del Quartiere Torrevecchia / Main street sections of the District Torrevecchia (Source: Elaboration by RU Sapienza Università di Roma).

Medieval fabric, demolished to build the large arteries in the historic centre as established by the General Regulatory Plan of 1931. This plan was completed in the 1950s, but the planned services were developed only in minimal part. The decade between 1961 and 1971 saw the construction of more than 50% of the neighbourhood's buildings around the initial nucleus, thanks to the strong impulse provided by the cheap and popular construction interventions provided for by Law n. 167/1962, but also to spontaneous building development, particularly in the Northern area. The original nucleus of former IACP public housing in any event maintains its attractiveness, albeit without the necessary qualification and difficult accessibility.

Torrevecchia, on the other hand, was built recently. In fact, the neighbourhood was built with financing from Law no. 584/1977 (Urgent measures for acceleration of the programmes underway in public residential building), designed in 1978, and

completed in 1984. Until the 1960s, the area was essentially part of the *agro romano*, with small shacks scattered here and there, and signs of its farming past are evident to this day. At the start of the subsequent decade, the area was affected by strong urbanization that brushed up against Primavalle.

Quartaccio was built later, between 1985 and 1988, in the context of the public building programme provided for by law no. 94/1982, to which the adjacent residential neighbourhood of construction under government agreement was added. The built area is marked by an elongated plateau delimited by two valleys covered with vegetation, at the bottom of which flow the waters of two streams (Mimmoli and Capannelle). The settlement occupies the summit of this plateau and leaves the valley escarpments free of constructions. Pineto-Valle Aurelia is an urban planning zone inserted within Valle Aurelia, a neighbourhood created around 1870 and characterized by clay extraction, by the presence of kilns for the brick and ceramics industry that closed for good in the 1960s, and by dwellings for the kiln workers originating from Veneto. Valle Aurelia is also called Valle dell'Inferno for the slaughter of Papal troops by the Landsknechte in 1527, and not for the smoke belching from the chimneys, or for the prohibitive activity carried out there.

When the kilns were closed (1960), the area counted approximately 2,000 inhabitants, reducing to zero over time, and in 1981 the neighbourhood was razed to the ground, except for the Church of Santa Maria della Provvidenza and a small nucleus of houses in front of it. Of the 18 existing kilns, two have remained standing: the chimney of the Veschi kiln, and that of the Torlonia kiln. In addition to being monuments of industrial archaeology, they represent a characteristic element of the area, harking back to its prior productive history. The 1980s saw an intervention by IACP (the Italian public housing authority) behind the kiln area, and in 2018 a shopping centre was completed, taking the place of the kilns, and to which the hopes for the area's rebirth have been entrusted.

Demographic and socioeconomic profile

The past decade, from 2009 to 2019, has seen a slight dip in the number of inhabitants (-0.6%) with an aging population; in fact, the number of inhabitants over 65 years of age, in absolute numbers and as a percentage in comparison with other age groups (from 21.2 to 22.6%); the inhabitants of the XIV Municipio district have risen from 182,641 to 191,851 (+9,210; +5.0%), at least 6,000 of which are Romanian, Filipino, and Peruvian immigrants who have at least partially offset the reduction recorded in the productive ages. The inhabitants of Primavalle, Torrevecchia, Quartaccio, and Pineto-Valle Aurelia amount to 58,223, equal to approximately one third of the

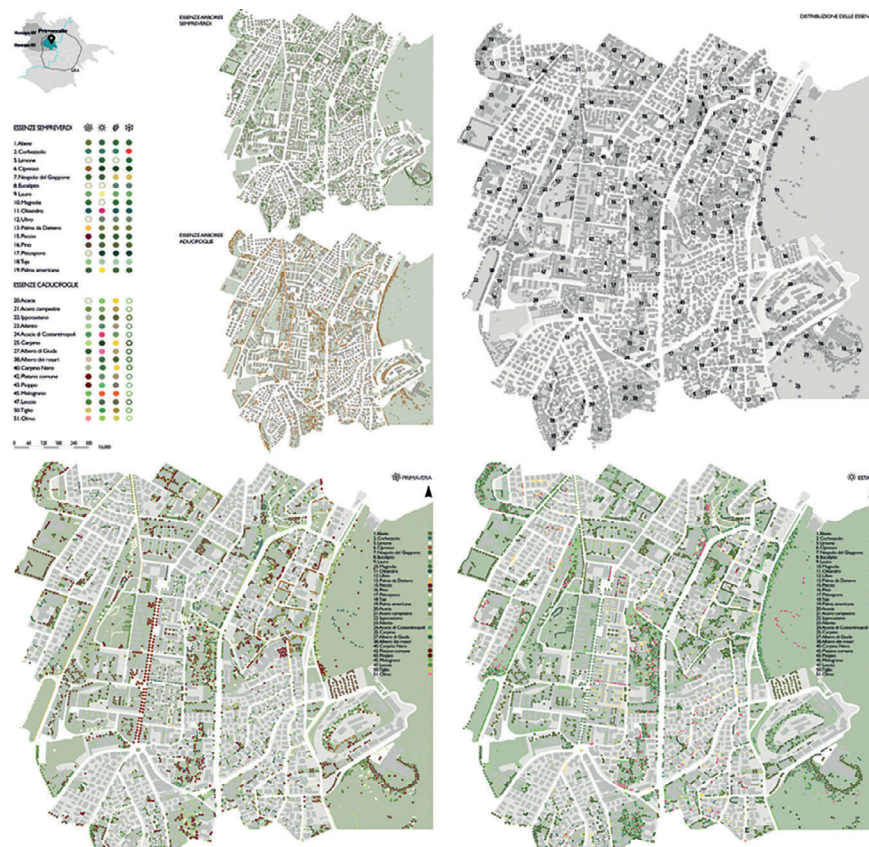


Fig. 12 - Analisi stagionale delle essenze arboree presenti nel Quartiere Primavalle / Seasonal analysis of tree essences in the Primavalle District (Source: Elaboration by Research Unit Sapienza Università di Roma)..

ha inoltre determinato una carenza strutturale di spazi d'uso pubblico e un tessuto viario irregolare. Tuttavia il nucleo originario di via Borromeo conferma sempre più un ruolo di centralità e di identità nei confronti delle aree limitrofe.

A Torrevecchia, sul piano urbanistico il fulcro della composizione si concentra in una piazza centrale definita da quattro case a torre alte 15 piani sulla quale si aprono un gruppo di uffici, un bar e un piccolo centro sociale. La piazza è collegata con via di Torrevecchia da un percorso pedonale in quota intorno al quale sono disposti due edifici ad andamento rettilineo alti 3 piani, con due livelli di abitazione e uno di negozi. In uno stabile i corpi scala si aprono lungo il percorso pensile mentre nell'altro raggiungono la quota del terreno. In corrispondenza della piazza si innestano quattro edifici in linea che hanno un andamento perpendicolare a quello delle case basse e un'altezza variabile da 4 a 7 piani. Grazie a una serie progressiva di slittamenti questi corpi tendono a divaricarsi verso le testate esterne liberando così al loro interno due spazi verdi destinati rispettivamente a giardini pubblici e a verde e attrezzature sportive. All'esterno di queste braccia trovano luogo i parcheggi pubblici.

A Quartaccio l'abitato è strutturato lungo la strada principale (via Andersen), tracciata sul crinale, alla quale si affianca una strada veicolare secondaria. Com-

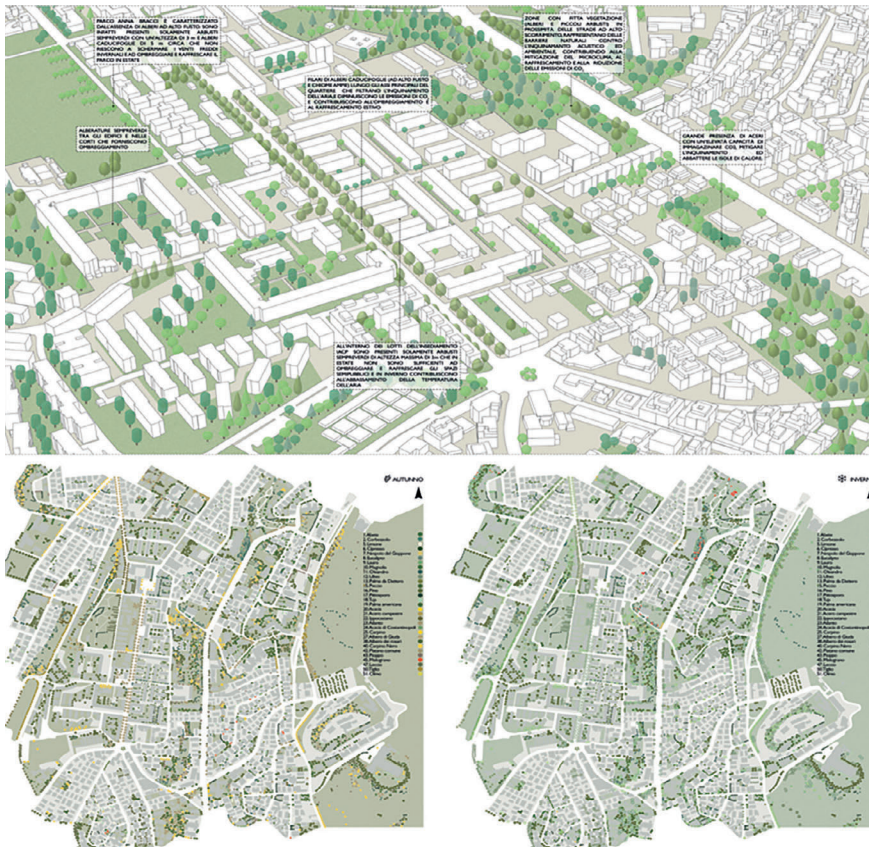


Fig. 13 - Vista 3D e analisi stagionale delle essenze arboree del Quartiere Primavalle / 3D view and seasonal analysis of the tree species in the Primavalle District (Source: Elaboration by Research Unit Sapienza Università di Roma).

presa tra queste due strade vi è un percorso pedonale che collega i servizi del quartiere. Gli edifici residenziali, a due e a quattro piani, si affacciano sulle strade e sui percorsi, delimitando l'ambito con il loro prospetti. L'architettura degli edifici è semplice e lineare ed è basata sulla omogeneità dei prospetti e dei materiali impiegati (pannelli prefabbricati di cemento). Le case a quattro piani sono di tipo in linea con quattro alloggi per piano: due laterali e due centrali di diverse dimensioni. Le case a due piani sono disposte lungo i margini del nucleo centrale dell'insediamento, con i giardini affacciati sulle valli. Questa disposizione urbanistica è innovativa rispetto agli schemi urbanistici adottati all'epoca nei quartieri di edilizia pubblica, purtroppo però via Andersen, pensata come luogo di qualificazione e di aggregazione sociale, negli anni si è connotata come strada a scorrimento veloce di grande pericolosità ed è espressione del generale degrado. La rinascita di Pineto-Valle Aurelia si è avuta con un intervento di edilizia economica popolare dove sono stati edificati sei torri di 12 piani fra il 1982 e il 1985 che dovevano servire per ospitare in massima parte gli abitanti provenienti dal Borghetto dei Fornaciari, un insediamento informale posto nei pressi delle storiche fornaci. Il progetto abitativo, così come altri realizzati in quegli anni dallo IACP a Roma,

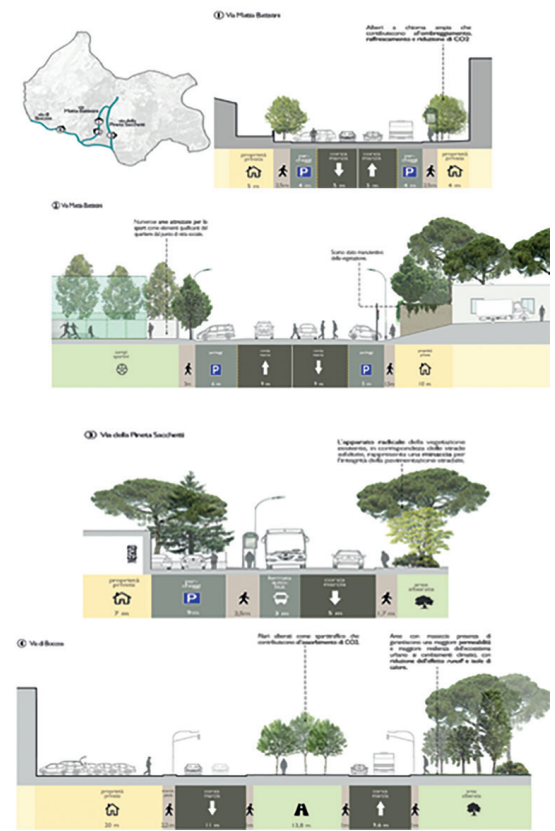


Fig. 14 - Principali sezioni stradali del Quartiere Primavalle / Main road sections of the District Primavalle (Source: Elaboration by RU Sapienza Università di Roma).

district's residents. Here, too, the elderly component has increased at the expense not only of the intermediate ages, but of young age groups as well, reaching 24% in the urban planning zones constituting the focus of the study, and particularly in Pineto-Valle Aurelia (34%). The considerable presence of the elderly is not a positive element, at least in this setting, due to the related social costs: the higher this value is, the more the areas characterized in this way are considered weak from the standpoint of economic development. The employed account for 36.7% of the population, while the unemployed and those looking for their first job amount to 9.7%, a percentage higher than that of the district, and than Rome's (9.5%).

The fragility of the economic system of the XIV Municipio district is evidenced by the scarcity of production settlements, that with 15,181 local units recorded and 11,647 active ones in operation represent in both cases the lowest number of all Rome's districts, amounting respectively to 79 and 61 local units per

1000 inhabitants, against Rome's figures of 138 and 86 (2018). The average per capita income in the district is € 23,776.50, against Rome's figure of € 25,341.21 (2017). However, the proportion of households in potential economic distress is on the same level of the city as a whole (2.1%), but households with children and incomes under € 25,000 amount to 10.6%, against Rome's 9.3%.

System of infrastructures and mobility

The morphology of the terrain and the few infrastructures for mobility have brought about the settlement's forced isolation, which is also reflected in the scanty presence of commercial activities and of services, and certainly in the population's discontent with the poor quality of the public space. Mobility is congested and the neighbourhoods share nodes of access to the city consisting of Piazza Innerio and Via Cortina d'Ampezzo, and the ring road entrances at Via Aurelia, Via Boccea, Via Casal del Marmo, Montespaccato, and Via Trionfale. For public rail transport in this area, there is Line FM3 (Rome-Viterbo) with the San Filippo Neri and Monte Mario stops and the elevated Valle Aurelia station, as well as the Metro A underground line with the Battistini and Valle Aurelia stops, all difficult to

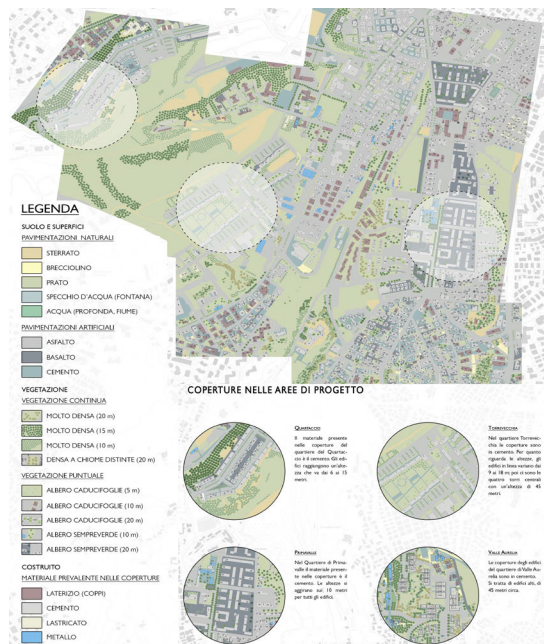


Fig. 15 - Studio dei materiali di copertura dell'area oggetto di sperimentazione / Study of the covering materials of the area under experimentation (Source: Elaboration by Research Unit Sapienza Università di Roma).

doveva rappresentare un modello di sviluppo residenziale concepito per andare oltre la crescita urbana spontanea, riunendo case, strutture e servizi pubblici quali biblioteca e palestre in un unico complesso. Oggi gli insediamenti si sono moltiplicati con i tessuti residenziali spontanei contrapposti a quelli pianificati. Fra le situazioni esaminate Pineto-Valle Aurelia è certamente l'area collocata in una posizione più centrale essendo a ridosso del Vaticano ed è stata anche definita come una terrazza sul Vaticano. Tuttavia non è mai riuscita a decollare a causa dei limiti urbanistici che i continui interventi in variazione ai piani non sono stati in grado di correggere perciò vive una permanente incompletezza e, non sfruttando le potenzialità presenti, gli abitanti finiscono per farsi carico solo degli aspetti negativi di tutte le situazioni. Un esempio eclatante è la stazione sopraelevata di Valle Aurelia di cui si avverte la presenza più per l'inquinamento rumoroso della sua linea ferroviaria piuttosto che per i suoi indubbi vantaggi, altro problema irrisolto è il rapporto con il verde.

Spazi pubblici

Gli spazi d'uso pubblico sono di scarsa qualità ambientale e fruitiva, si rappresentano come solo spazio di risulta al costruito, sono degradati, con scarsa o nulla manutenzione e/o con la sola funzione di transito e parcheggio degli autoveicoli. L'illuminazione degli spazi pubblici non è adeguata tanto che appaiono insicuri e non mancano fenomeni di microcriminalità. In particolare nel quartiere di Prima-Valle gli edifici dei lotti dell'insediamento IACP sono disposti in modo da definire quinte che creano spazi semipubblici connessi tra loro e potenzialmente potrebbero essere attrezzati con aree per lo svago e il gioco. Questi però risultano poco curati e con aree prive di funzioni identitarie risultando così luoghi in between dimenticati e/o sottoutilizzati. Mancano, nel quartiere di Quartaccio; spazi attrezzati



Fig. 16 - Velocità del vento (Wind Speed) in estate dell'area oggetto di sperimentazione / Wind Speed in Summer of the area under experimentation (Source: Elaboration by Research Unit Sapienza Università di Roma).

zati in grado di favorire l'aggregazione sociale e garantire la vitalità dei quartieri. A Torrevecchia così come per Pineto-Valle Aurelia lo spazio urbano pubblico è per lo più costituito da aree verdi che l'incuria e la mancata manutenzione ha determinato la perdita del potenziale parco urbano e del disegno dei percorsi che conferivano unitarietà ai complessi edilizi IACP determinando la frammentazione e la dilatazione del tessuto e del sistema di relazione tra le parti.

Sistema dei servizi e delle funzioni

Nell'area sono presenti scuole di ogni ordine e grado e strutture sanitarie pubbliche e private ma resta aperto il problema del riuso del complesso di Santa Maria della Pietà, ex manicomio chiuso definitivamente nel 2000. L'ambito è generalmente privo di servizi di livello urbano sia pubblici che privati. La rete dei servizi commerciali è concentrata nelle zone centrali e nelle strade con intenso traffico veicolare ma si tratta per lo più di attività di prossimità che non generano un significativo sviluppo né occupazione. Gli addetti alle attività creative e culturali sono pari a 1 per 100 abitanti contro i 3,5 di Roma. Attualmente è in funzione un solo cinema, mancano palestre e librerie e le attività culturali sono limitate a singoli eventi. Nel caso di Primavalle, via Pietro Maffi e via Federico Borromeo in direzione della piazza Clemente XI sono caratterizzata dalla presenza di piccole attività commerciali insufficienti a soddisfare le esigenze di servizi di prossimità.

I tempi di percorrenza dal l'aria ex IACP di Torrevecchia ai principali servizi non supera i 15 min considerando un percorso a piedi, lungo la strada commerciale di via di Torrevecchia; tuttavia mancano attività e servizi all'interno del complesso edilizio IACP e in particolare lungo il viale pedonale di accesso al quartiere dove le tipologie edilizie stesse lo prevedevano ma risultano allo stato attuale in completo stato di degrado e abbandono. Mancano servizi anche nel quartiere di Quartaccio.

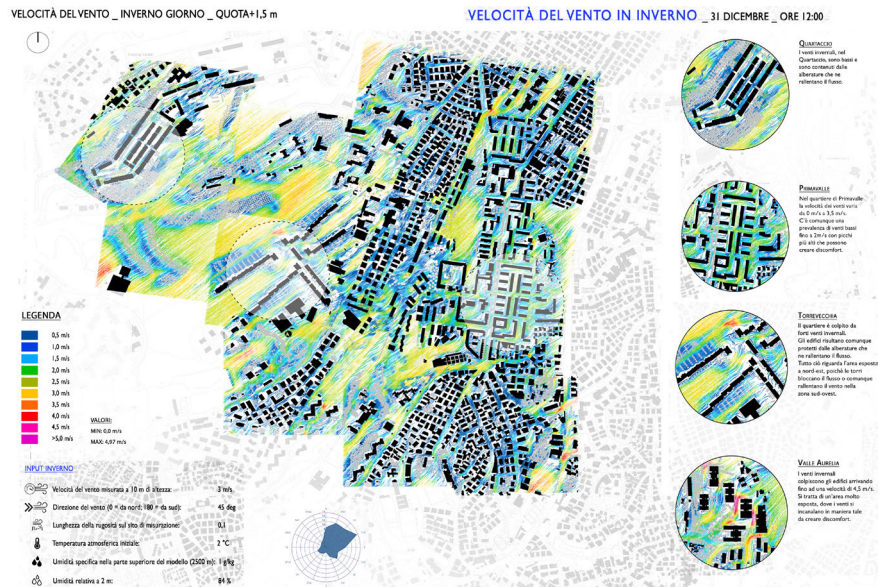


Fig. 17 - Velocità del vento (*Wind Speed*) in inverno dell'area oggetto di sperimentazione / *Wind Speed in Winter of the area under experimentation* (Source: Elaboration by Research Unit Sapienza Università di Roma).

access and with limited parking and weak intermodality. Circulation within the neighbourhoods is hampered by the overlapping main routes of traffic connected to commercial activities.

Local public road transport counts 537 stops in the entire district (2018), with a density of 4.0 stops per km and 28.0 stops for every 10,000 inhabitants; the corresponding values for Rome are 6.5 and 29.3.

Particularly difficult is Quartaccio's situation of isolation, not only from the metropolitan area, but also from Primavalle and Torrevecchia. Its main crossing route is Via Andersen which, used as a shortcut to the ring road, helps make the traffic unmanageable.

System of urban fabrics and construction types

In Primavalle, the first settlement in the 1930s developed along a main axis oriented towards the Northeast, linking Piazza Clemente XI and Piazza Capeceletro, with buildings parallel and perpendicular to the axis that do not change the original semi-rural arrangement marked by low houses and small vegetable gardens. However, the strong impetus during the 1960s, with interventions of affordable and public construction, and above all with spontaneous building, led to a change in the general urban-planning and typological arrangement. Thus yields a com-

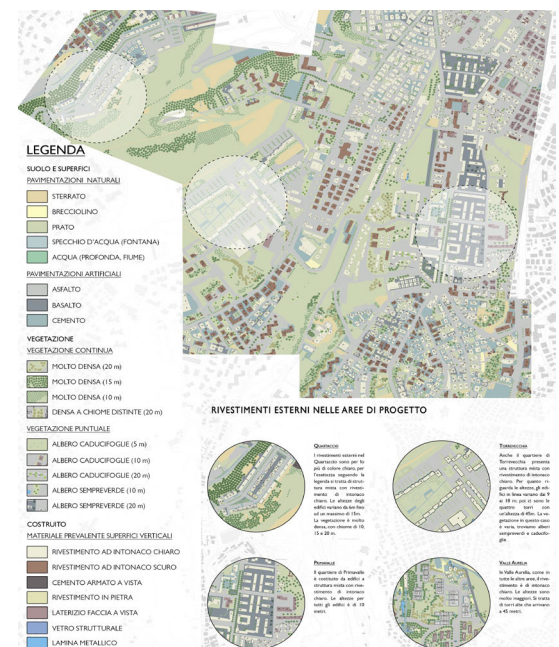


Fig. 18 - Studio dei materiali di superficie dell'area oggetto di intervento / *Study of the surface materials of the area subject to intervention* (Source: Elaboration by Research Unit Sapienza Università di Roma).

plex; homogeneous, and structured fabric East of the central axis of Via Federico Borromeo that links the two Piazzas, and a composite one to the West consisting of heterogeneous interventions and semirural houses. In particular, the spontaneous intervention also resulted in a structural dearth of spaces for public use, and an irregular road fabric. However, the original nucleus of Via Borromeo increasingly confirms a role of central importance and identity vis-à-vis the adjacent areas.

In Torvecchia, in terms of urban planning, the composition hinges on a central Piazza defined by four tower buildings, 15 storeys tall, delimited by a group of offices, a bar, and a small social centre. The Piazza is connected to Via di Torvecchia by an overhead pedestrian path around which are two buildings running in a straight line, 3 storeys tall, with two residential levels and one of shops. In one building, the stairways open along the elevated path, while in the other they reach ground level. From the Piazza, four buildings run perpendicularly to the low houses, varying from 4 to 7 storeys tall. Thanks to a progressive series of setbacks, these buildings open wide towards the ends, thus freeing up within them two green spaces devoted respectively to public gardens and to greenery and sports facilities. Outside these arms are two public car parks.

In Quartaccio, the inhabited area is structured along the main road (Via Andersen), outlined on the crest, flanked by a secondary vehicular road. Between these two roads is a pedestrian path that links the neighbourhood's services. The residential buildings, two and four storeys tall, face the roads and the paths, delimiting the

Quasi tutti gli edifici del complesso sono esclusivamente a carattere residenziale dato che anche i piani terra pensati originariamente per ospitare uffici e attività commerciali sono stati successivamente trasformati in abitazioni. Pineto-Valle Aurelia: I primi due livelli delle torri, in origine erano stati progettati per ospitare servizi per i residenti. Attualmente 4 torri su 6 tutti gli spazi sono in stato di abbandono o sono stati trasformati in magazzini e ulteriori abitazioni. Nelle altre due vi è la biblioteca e attività commerciali insufficienti a soddisfare le esigenze di servizi di prossimità dei residenti e spesso con spazi connettivi in forte degrado.

Sistema del verde

Primavalle, Torvecchia, Quartaccio non possono contare su parchi pubblici né su aree verdi attrezzate. Nel Municipio sono però presenti importanti risorse quali le Riserve Naturali di Monte Mario e dell'Insugherata, il Parco Regionale Urbano del Pineto-Valle Aurelia, il Monumento Naturale Quarto degli Ebrei - Tenuta di Mazzalupetto che in ogni caso sono distanti dall'abitato.

Per Pineto-Valle Aurelia la situazione è diversa perché è collocata a ridosso di alcune di queste aree verdi ma vive tuttora in una condizione di estraneità con esse per cui non riesce ad avvantaggiarsi della loro vicinanza. In ogni caso molte aree verdi sono incolte sia all'interno sia ai margini del tessuto urbano e non sono attrezzate. Del tutto assente è la viabilità ciclopedonale. Uno degli ambiti di maggiore pregio è rappresentato dalla Valle dei Fontanili un tempo alimentato da risorgive naturali e oggi ridotto a canale di scolo, di cui però è previsto il recupero ambientale e la sistemazione a verde delle aree circostanti.

Sistema bioclimatico

L'area di progetto è collocata nel quadrante tra via Trionfale, via Boccea e la Riserva naturale dell'Acquafredda. Si tratta, come si è detto, di un settore urbano densamen-

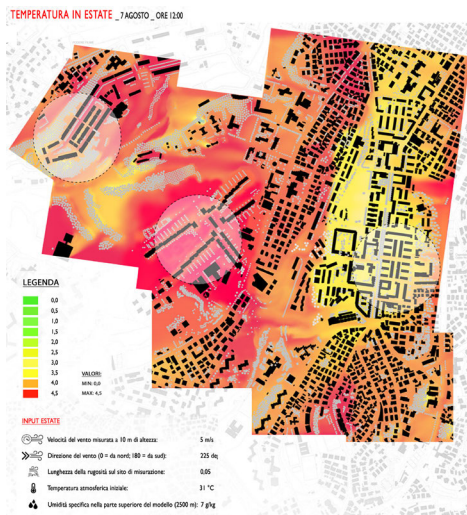


Fig. 19 - Temperatura (*Temperature*) in estate dell'area oggetto di sperimentazione / *Temperature in Summer of the area under experimentation* (Source: Elaboration by Research Unit Sapienza Università di Roma).

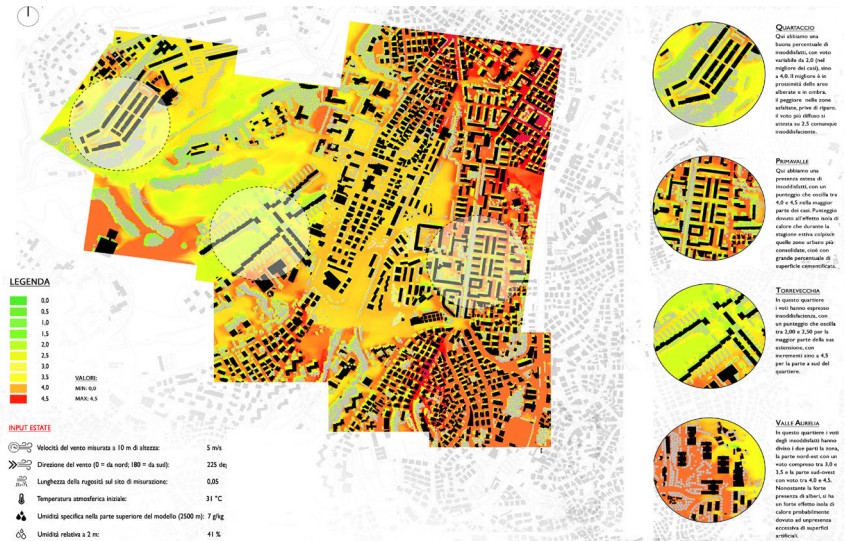


Fig. 20 - PMV (*Predicted Mean Vote*) in estate dell'area oggetto di sperimentazione / *PMV (Predicted Mean Vote) in Summer of the area under experimentation* (Source: Elaboration by Research Unit Sapienza Università di Roma).

te popolato dove la diffusa cementificazione unita a un'alta percentuale del suolo asfaltato pone problemi di permeabilità del terreno che impedendo l'evapotraspirazione comporta un peggioramento del microclima e problemi di runoff.

Nelle aree verdi e più in generale negli spazi aperti le zone ombreggiate sono assenti e risulta eccessivo il soleggiamento con conseguenti fenomeni di isola di calore, limitata è quindi la loro fruibilità; di converso si ha la presenza di specie arborea caducifoglie lungo gli assi stradali a intenso traffico veicolare con conseguenti emissioni di agenti inquinanti e polveri sottili mentre sono assenti schermature dai venti freddi invernali.

Gli edifici sono obsoleti e degradati per mancanza di interventi manutentivi, all'interno degli alloggi si hanno temperature troppo calde d'estate e troppo fredde d'inverno, sul piano termo-igrometrico si tratta di unità immobiliari con benessere negativo incidente sulla salute di chi vi abita. Il tessuto edilizio è inoltre caratterizzato da superfici di coperture con cromatismi scuri e caratteristiche materiche che non favoriscono la costituzione di un microclima adeguato.

3.3 IL DISTRETTO DI VALLE AURELIA-PRIMAVALLE-TORREVECCIA-QUARTACCIO: DEFINIZIONE DI UN QUADRO STRATEGICO DI CLIMATE ADPATIVE DESIGN

3.3.1 Obiettivi della sperimentazione

L'attività di ricerca si è prevalentemente orientata verso le possibili modalità di potenziamento dell'impiego dei fattori bioclimatici naturali, di ottimizzazione delle loro ricadute sugli aspetti di *comfort* ambientale e sulla sostenibilità attraverso simulazioni progettuali mirate a testare i miglioramenti impressi e a valutarne gli effettivi vantaggi.

Il progetto prevede quindi l'adeguamento bioclimatico degli spazi pubblici

setting with their façades. The buildings' architecture is simple and linear, and is based on the homogeneity of the façades and of the materials employed (prefabricated concrete panels). The four-story houses are of the row type, with four lodgings per storey: two lateral and two central ones, of various sizes. The two-story houses are arranged along the margins of the settlement's central nucleus, with yards facing onto the valleys. This urban-planning arrangement is innovative with respect to the urban-planning schemes adopted at the time in the public housing neighbourhoods; unfortunately, however, Via Andersen, conceived as a place of qualification and of social gathering, has become a very hazardous high-speed road over the years, and is an expression of the general decay. The rebirth of Pineto-Valle Aurelia took place with an intervention of public affordable construction that saw the erection of six 12-storey towers between 1982 and 1985, intended to house for the most part inhabitants originating from the kiln operators' neighbourhood – Borghetto dei Fornaciari – an informal settlement located near the historic kilns. The housing design, like others carried out by IACP in Rome during those years, was supposed to represent a residential development model conceived to go beyond spontaneous urban growth, bringing together in a single complex homes, facilities, and such public services as a library and gyms. Today, the settlements have multiplied with spontaneous residential fabrics on top of the planned ones. Of the examined situations, Pineto-Valle Aurelia is certainly the area located in a more central position, right behind the Vatican, and has also been defined as a "terra-

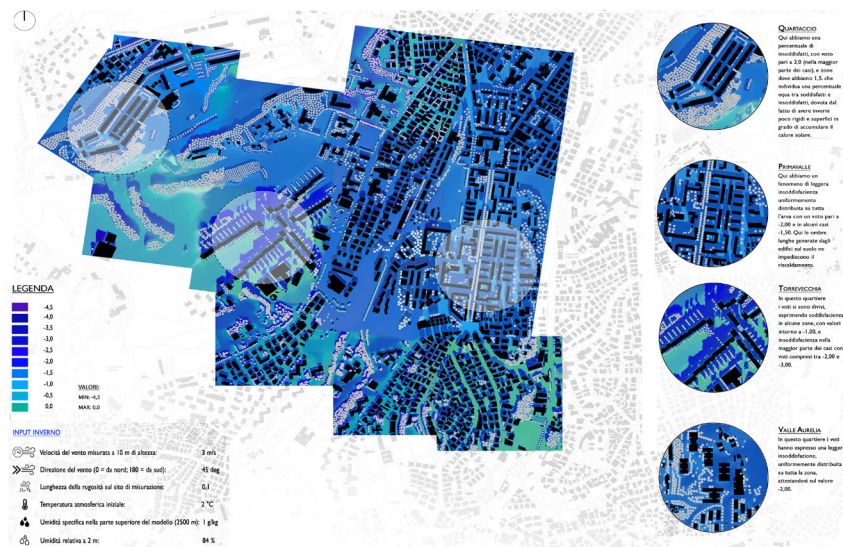


Fig. 21 - PMV (*Predicted Mean Vote*) in inverno dell'area oggetto di sperimentazione / *PMV (Predicted Mean Vote) in Winter of the area under experimentation* (Source: Elaboration by Research Unit Sapienza Università di Roma).

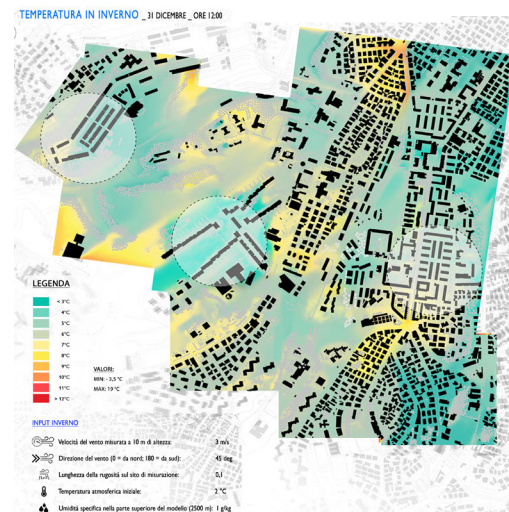


Fig. 22 - *Temperature* in inverno dell'area oggetto di sperimentazione / *Temperature in Winter of the area under experimentation* (Source: Elaboration by Research Unit Sapienza Università di Roma).

ce” over the Vatican. However, it has never managed to take off, due to the urban planning limitations that the continuous interventions in variation to the plans have been unable to correct; it therefore exists in a permanent state of incompleteness and the inhabitants, unable to exploit the potentials that are present, end up bearing only the negative aspects of all the situations. A striking example is the elevated Valle Aurelia station, whose presence is noted more for the railway line’s noise pollution than for its doubtful advantages. Another unresolved problem is the relationship with greenery.

Public spaces

The spaces for public use are of poor quality in terms of environment and exploitation. They are represented only as a space of construction debris; they are decayed, with poor or no maintenance, and/or with the sole function of the passage and parking of motor vehicles. The lighting of public spaces is

aperti attribuendo a essi specifiche funzioni, la valorizzazione del verde presente con incremento delle specie arboree per combattere le isole di calore, offrire ombreggiamenti e prevenire i fenomeni legati a piogge estreme e bombe d’acqua con incremento delle superfici permeabili e una sistemazione delle piante secondo un disegno coerente al miglioramento del comfort e il potenziamento della mobilità in chiave sostenibile. Il retrofitting degli edifici riguarderà invece l’aspetto morfologico, funzionale e tecnologico degli stessi e degli spazi esterni di pertinenza.

Obiettivo della sperimentazione è di dare fruibilità agli spazi pubblici e vivibilità agli alloggi incidendo sui fattori di comfort attraverso l’innalzamento della qualità di benessere ambientale, il potenziamento delle capacità di resilienza e di adattamento agli effetti dei cambiamenti climatici con riduzione dei consumi energetici e delle emissioni CO₂, contribuendo a determinare favorevoli condizioni di sviluppo sociale e economico per gli abitanti del quartiere.

Altro obiettivo non meno importante è quello di alimentare un dibattito e un confronto interno alla comunità scientifica mirato ad accrescere le conoscenze tecnologiche e scientifiche in tema di modelli di intervento di riqualificazione ambientale ed ecosistemica; coerentemente con questo obiettivo emergono due

| MACRO-QUESTIONI DI RIFERIMENTO | INDIRIZZI | STRATEGIE | AZIONI PIÙ RICORRENTI NELLE PRATICHE INTERNAZIONALI | |
|---|---|-----------|--|---|
| 1. RISCALDAMENTO GLOBALE E IN GENERALE MUTAMENTI CLIMATICO-AMBIENTALI | 1. AFFRONTARE LA SFIDA CLIMATICA CON MISURE DI ADATTAMENTO E DI MITIGAZIONE CENTRATE SULLA RIQUALIFICAZIONE BIOCLIMATICA ED ENERGETICA | 1.1. | ADATTAMENTO E INNALZAMENTO DELLA CAPACITÀ DI RESILIENZA AI MUTAMENTI AMBIENTALI | M1.1.1 Adattamento ai fenomeni di isola di calore e incremento della resilienza ai fenomeni di ondate di calore M1.1.2 Adattamento di precipitazioni intense, tempeste, Fluvial flooding M1.1.3 Adattamento ai fenomeni di intensificazione della ventosità M1.1.4 Incremento della resilienza e adattamento ai fenomeni di siccità M1.1.5 Sviluppo di programmi per lo sviluppo di resilienza e adattamento ai cambiamenti climatici |
| | | 1.2. | MITIGAZIONE DELLE CAUSE DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI | M1.2.1 Accelerazione del processo di Deep Energy Retrofits volte ad abbattimento delle emissioni di gas serra M1.2.2 Adozione dei metodi di progettazione "performance-based" volte ad abbattimento delle emissioni M1.2.3 Valorizzazione del rapporto tra verde (nelle sue diverse scale) e riduzione di CO ₂ M1.2.4 Valorizzazione del rapporto tra mobilità urbana sostenibile e diminuzione delle emissioni di gas serra M1.2.5 Contabilizzazione emissioni di gas serra e valutazione di ricadute economiche/ambientali e sociali della loro riduzione |
| 2. PROGESSIVA DIFFUSIONE DEL DEGRADO E DEL CONSUMO DI SUOLO NELLE CITTÀ | 2. PROMUOVERE LA RIGENERAZIONE URBANA E LA RIQUALIFICAZIONE DEL PATRIMONIO ESISTENTE | 2.1. | PROMOZIONE DEI PROCESSI DI RIGENERAZIONE URBANA E DI TUTELA DEL SUOLO | M2.1.1 Denominazione dei tessuti urbanizzati oggetto di intervento, e di lavoro sui "vuoti" e sui "non-luoghi" urbani M2.1.2 "Ibridazione" di aree monofunzionali con l'inserimento di mixte funzionali e di mix di attività e di usi M2.1.3 Rigenerazione degli spazi pubblici esistenti, in degrado o dismissione, nella loro trasformazione fisica e d'uso M2.1.5 Rigenerazione delle infrastrutture urbane in degrado o dismissione, nella loro trasformazione fisica e d'uso M2.1.6 Prevenzione dei rischi idrogeologici con miglioramento di permeabilità superficiali, reti di drenaggio urbano, scaricatori di piena, ecc. |
| | | 2.2. | PROMOZIONE DELLA RIQUALIFICAZIONE, RECUPERO, MANUTENZIONE DEL PATRIMONIO ESISTENTE | M2.2.1 Programmazione della qualità e continua ricostituzione del patrimonio edilizio pubblico e privato M2.2.2 Programmazione della manutenzione del patrimonio edilizio esistente per sanarne la durata e qualità M2.2.3 Pianificazione della qualità del patrimonio edilizio esistente ed dei "non-luoghi" urbani M2.2.4 Riqualificazione e riuso del patrimonio edilizio costruito per rispondere ai nuovi fabbisogni di servizi e attività economiche M2.2.5 Riqualificazione e riuso del patrimonio costruito per rispondere ai nuovi fabbisogni di servizi e attività economiche |
| 3. COMPLESSIVA INSOSTENIBILITÀ DEI PROCESSI IN ATTO NELLE CITTÀ | 3. QUALIFICARE GLI SPAZI PUBBLICI CON PROGETTI INNOVATIVI COME MODELLO PER LA DIFFUSIONE DELL'APPROCCIO DEL CICLO DI VITA E DELLA SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE NEI PROCESSI DECISIONALI | 3.1. | ADOZIONE SISTEMATICA DELLA VALUTAZIONE DELLA SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE E DELL'APPROCCIO DEL CICLO DI VITA NEI PROCESSI DECISIONALI | M3.1.1 Sviluppo di strumenti politico-normativi locali tesi a incentivare la valutazione ambientale e il Life Cycle M3.1.2 Sviluppo di strumenti di monitoraggio ambientale ex post, i processi trasformativi M3.1.3 Sviluppo di strumenti di monitoraggio ambientale ex post, i processi trasformativi M3.1.5 Adozione e applicazione locale di programmi di organizzazione circolare di produzione-uso-produzione |
| | | 3.2. | PROMOZIONE DI PROGETTI E INTERVENTI INNOVATIVI DI QUALIFICAZIONE DEGLI SPAZI PUBBLICI QUALE VOLANO DI SOSTENIBILITÀ | M3.2.1 Applicazione politico-normativa del Green Public Procurement nei processi di qualificazione degli spazi pubblici M3.2.2 Applicazione di criteri ecologici avanzati e criteri ambientali minimi in ogni tipo di intervento negli spazi pubblici M3.2.3 Promozione del passaggio dallo Smart Public Building alla Smart City e viceversa, con processi virtuosi di feedback M3.2.4 Incentivazione e facilitazione dell'applicazione delle norme e del Corretto dei Contratti Pubblici |
| 4. IMPOVERIMENTO DELLE RISORSE BIOFISICHE, DEL VERDE E AUMENTO DELL'INQUINAMENTO | 4. FARE DELLA TUTELA DEL CAPITALE NATURALE E DELLA QUALITÀ ECOLOGICA DEI SISTEMI URBANI LE CHIAVI DEL RILANCIO DELL'ARCHITETTURA E DELL'URBANISTICA | 4.1. | PROMOZIONE DEL CAPITALE NATURALE, DELLA QUALITÀ DELL'ARIA E DEI SERVIZI ECOSISTEMICI | M4.1.1 Promozione/valorizzazione di corridoi ecologici e di strutture verdi, in relazione ai caratteri di continuità e biodiversità M4.1.2 Promozione/valorizzazione delle infrastrutture verdi, della loro multi-funzionalità e della loro multi-finalità M4.1.3 Promozione/valorizzazione di orti urbani e sistemi di produzione a filiera corta, in relazione ai caratteri di contadinato M4.1.4 Programmazione della manutenzione del verde M4.1.6 Abbattimento delle emissioni inquinanti dell'aria nella gestione e rigenerazione delle attività del sistema urbano M4.1.7 Azioni di incentivazione, normative, regolatorie nei confronti dell'azienda territorio-città edicola |
| | | 4.2. | AUMENTO DELLA QUALITÀ ECOLOGICA DEI SISTEMI DI MOBILITÀ | M4.2.1 Limitazione della circolazione delle auto private in città M4.2.2 Promozione della circolazione tramite mezzi pubblici M4.2.3 Incremento delle reti di percorsi ciclisti e pedonali tramite infrastrutture lineari esistenti o nuove M4.2.5 Regenerazione delle aree di sosta dei mezzi privati nello spazio pubblico M4.2.6 Promozione della sharing mobility in un'ottica di avanzamento tecnologico, anche con sistemi ITS e ITS M4.2.6 Incentivazione dell'uso di auto elettriche, ibride e a biometano |
| 5. DEPAUPERAMENTO DI QUALITÀ E BELLEZZA DEI LUOGHI DELL'ABITARE URBANO | 5. TUTELARE E INCREMENTARE IL CAPITALE CULTURALE, LA QUALITÀ E L'IDENTITÀ DEI TERRITORI, DEI PAESAGGI, DELLE CITTÀ E DEI CENTRI MINORI | 5.1. | VALORIZZAZIONE DEL CAPITALE CULTURALE | M5.1.1 Riconoscimento, tutela e valorizzazione del patrimonio culturale M5.1.2 Valorizzazione degli ecosistemi antropico-culturali della aree interne M5.1.3 Promozione di un'economia della cultura |
| | | 5.2. | TUTELA, VALORIZZAZIONE E INCREMENTO DELLA QUALITÀ E DELL'IDENTITÀ DI TERRITORI, PAESAGGI, CITTÀ E CENTRI MINORI | M5.2.1 Riconoscimento, tutela e valorizzazione dell'identità dei luoghi M5.2.2 Definizione di indirizzi, criteri, standard per accrescere la qualità architettonica e urbanistica dell'ambiente costruito M5.2.3 Promozione di un certo livello di omogeneità ed equità nella distribuzione della qualità in ambito urbano |
| 6. INEFFICIENZA, INEFFICACIA E NON CIRCOLARITÀ DEI PROCESSI DI COSTRUZIONE E TRASFORMAZIONE | 6. VALORIZZARE IL CAPITALE TECNOLOGICO PER INCREMENTARE LA QUALITÀ, L'EFFICIENZA E L'EFFICACIA NELL'USO DELLE RISORSE | 6.1. | PROMOZIONE DELL'EFFICIENZA ENERGETICA, BIOCLIMATICA E DELLE FONTI RINNOVABILI | M6.1.1 Efficienza/efficientamento energetico e di riduzione dei consumi degli edifici e degli aggregati edili sia pubblici che privati M6.1.2 Uso di soluzioni bioclimatiche passive con sistemi di ventilazione, raffrescamento, riscaldamento, illuminazione naturali M6.1.3 Adozione dei sistemi smart di automazione, domotica e building management, per supportare performance energetiche M6.1.5 Adozione dei metodi di progettazione basati sui processi di Simulazione e Modeling sui caratteri ambientali M6.1.6 Utilizzo delle tecnologie di produzione energetica da fonti rinnovabili, solari, eoliche, geotermiche, da biomassa, a idrogeno, ecc. M6.1.9 Utilizzo delle Smart Grid o Dynamic Smart Grid per la distribuzione diffusa e adattiva dell'energia prodotta da rinnovabili M6.2.1 Impiego progettuale di materiali eco-compatibili, nature-based, recycled-based, ambientalmente performanti M6.2.2 Promozione di processi di produzione-uso-produzione M6.2.3 Raccolta differenziata e riuso dei rifiuti derivanti dai processi dell'abitare M6.2.4 Raccolta differenziata e riuso degli scarti da attività di costruzione e demolizione edili M6.2.5 Raccolta e riutilizzo delle risorse idriche grigie e piovane negli edifici e negli spazi aperti M6.2.7 Limitazione del consumo idrico e di un suo uso efficace ed efficiente negli edifici e negli spazi aperti M6.2.8 Utilizzo di depositi di acqua piovana quali efficienti serbatoi di riserva generali |
| | | 6.2. | AUMENTO DELLA QUALITÀ ECOLOGICA DEL CAPITALE TECNOLOGICO E DELL'EFFICACIA NELL'USO CIRCOLARE DELLE RISORSE | M6.2.1 Promozione di processi di produzione-uso-produzione M6.2.2 Raccolta differenziata e riuso dei rifiuti derivanti dai processi dell'abitare M6.2.4 Raccolta differenziata e riuso degli scarti da attività di costruzione e demolizione edili M6.2.5 Raccolta e riutilizzo delle risorse idriche grigie e piovane negli edifici e negli spazi aperti M6.2.7 Limitazione del consumo idrico e di un suo uso efficace ed efficiente negli edifici e negli spazi aperti M6.2.8 Utilizzo di depositi di acqua piovana quali efficienti serbatoi di riserva generali |
| 7. DEGRADO SOCIALE, INGIUSTIZIA, IMPOVERIMENTO, INSICUREZZA, DISCRIMINAZIONE NELLE CITTÀ | 7. SALVAGUARDARE IL CAPITALE SOCIALE E PROGETTARE UN FUTURO DESIDERABILE PER LE CITTÀ | 7.1. | SALVAGUARDIA DEL CAPITALE SOCIALE E INCENTIVAZIONE DEI PROCESSI DI PARTECIPAZIONE, CONDIVISIONE E INCLUSIONE | M7.1.1 Pianificazione, integrazione e realizzazione di azioni di riqualificazione degli spazi aperti e pubblici M7.1.2 Risposta sistemica alle emergenze sociali e abitative, con organizzazione di modelli d'intervento anche temporaneo M7.1.3 Uso dell'innovazione tecnologico-digitale - ITC, IoT, ecc. - come strumento di supporto alla riduzione delle disuguaglianze sociali |
| | | 7.2. | PROMOZIONE DELLA TRANSIZIONE DELLE CITTÀ VERSO MODELLI CHE NE AUMENTINO VIVIBILITÀ E BENESSERE IN STRETTA RELAZIONE COL TERRITORIO | M7.2.1 Aumento della sicurezza quale base imprescindibile della vivibilità delle città M7.2.2 Pianificazione, integrazione e realizzazione di azioni di riqualificazione degli spazi aperti e pubblici M7.2.3 Miglioramento del benessere e comfort ambientale nella rete di spazi aperti strutturati e sistema urbano |

Fig. 23-24 - Ex quartiere IACP di Primavalle - Quadro delle questioni di riferimento e degli Indirizzi, Strategie e Misure adottate (evidenziate in nero); Di lato: Quadro delle specifiche Azioni adottate nella sperimentazione (evidenziate in nero) nell'ambito delle quattro Misure della Strategia 1 "Adattamento e innalzamento delle capacità di Resilienza" / Former IACP neighborhood of Primavalle - Framework of the reference issues and the

congruenti linee di indirizzo strategico:

- valutazione del miglioramento del comfort ambientale degli spazi attraverso il confronto fra la situazione di partenza e quella cui si perviene dopo l'adozione delle azioni progettuali;
- implementazione di un *database* strutturato di tutti gli elementi conoscitivi dello stato di fatto e delle valutazioni predittive dei risultati di progetto.

Tali linee consentiranno di tesaurizzare le esperienze e di trarre indicazioni per altri progetti e sperimentazioni con un progressivo aggiornamento nonché di studiare il fenomeno della riqualificazione ambientale mediante gli sviluppi temporali della metodologia e delle innovazioni tecnologiche via via introdotte rapportandole agli esiti prodotti.

3.3.2 Metodologia adottata

L'approccio metodologico è fondato, a partire dalla letteratura scientifica, sul confronto con documenti di organismi internazionali (ILO, 2016; IPCC, 2018) ed europei (EEA, 2016; OECD, 2017) e su indirizzi e strategie messi a punto dagli Stati Generali della Green Economy e dal Green City Network in Italia (SGGE,

inadequate to the point of appearing unsafe, and petty crime phenomena are not lacking. In particular, in the Primavalle neighbourhood, the buildings in the lots of the IACP settlement are arranged so as to define wings creating semi-public spaces connected to one another, and they might potentially be equipped with areas for play and recreation. However, they are poorly tended, with areas having no identity-bearing functions, thus becoming forgotten and/or underused "in-between" places. The Quartaccio neighbourhood lacks equipped spaces able to promote social gathering and to guarantee the neighbourhood's vitality. In Torvecchia, like Pineto-Valle Aurelia, the public urban space consists for the most part of green areas where neglect and poor maintenance have determined the loss of the potential urban park and of the path design that gave a unitary character to the IACP building complexes; this has resulted in the fragmentation and dilation of the fabric and of the relational system between the parts.



Guidelines, Strategies and Measures adopted (highlighted in black); On the side: Framework of the specific Actions adopted in the experimentation (highlighted in black) within the four Measures of the Strategy 1 "Adaptation and Resilience Capacity Building" (Source: Elaboration by Research Unit Sapienza Università di Roma).



Fig. 25 - Simulazioni dei principali comportamenti bioclimatici estivi e invernali nello stato *ante operam* del quartiere ex IACP di Primavalle / *Simulations of the main summer and winter bioclimatic behaviors in the ante operam state of the ex IACP district of Primavalle* (Source: Elaboration by Research Unit Sapienza Università di Roma).

2017, GCN, 2019) e si basa sulle simulazioni progettuali articolate sui seguenti *step*, che possiamo sintetizzare con l'espressione *input modelling - simulation ex ante - output modelling - simulation ex post*:

- costruzione modellizzata di un quadro di riferimento (*input modelling*);
- simulazione dello stato di riferimento (*simulation ex ante*);
- sulla base delle valutazioni critiche dei risultati, individuazione dei sistemi tecnologici oggetto della sperimentazione e definizione degli scenari di intervento (*output modelling*);
- simulazioni dei comportamenti prestazionali degli scenari di interventi, anche con sviluppo di analisi alternative a essi applicate con strumenti innovativi (*simulation ex post*);
- focalizzazione delle soluzioni più appropriate in relazione ai risultati simulativi dinamici (*output modelling* di 2° livello);
- simulazioni più attente e approfondite che tengono conto delle soluzioni definite nel passaggio precedente (*simulation ex post* di 2° livello);
- formulazione del modello di intervento adattivo ritenuto più efficace in quello specifico contesto e in quelle determinate condizioni (giunti a questo livello possiamo parlare di *output modelling* finale).

Per ognuno dei progetti dimostratori (Primavalle, Torrevecchia, Quartaccio e Pineto-Valle Aurelia), la sperimentazione si è sviluppata secondo tre Fasi articolate in un "decalogo" di 10 *step* come di seguito indicato:

Prima Fase: Analisi e valutazione dello stato di fatto dell'area studiata e del suo contesto, che si è sviluppata attraverso i seguenti punti:

1. Caratterizzazione del sistema ambientale di contesto attraverso i relativi dati climatici e i principali fattori ambientali rilevabili da dati ufficiali o da sistemi di *Big Data*.
2. Individuazione dei punti chiave rappresentativi del comportamento bioclimatico ambientale dell'intera area, costruiti sulla omogeneità di ciascuna zona in modo che sia minima la dissimilarità interna alla zona e massima quella fra zone diverse. Per ciascuna zona individuata viene scelto in punto pressoché baricentrico dove viene fatta la rilevazione.
3. Costruzione del modello di simulazioni dinamiche a quattro variabili, di cui una è il tempo per l'analisi delle variazioni in giorni e orari chiave, e acquisizione dei relativi dati. Esecuzione, basata su tale modello, delle simulazioni dinamiche dei comportamenti microclimatico-ambientali nell'area attenzionata, allargata con un'ulteriore fascia intorno a essa per migliorare l'affidabilità degli effetti prodotti. Le elaborazioni sono effettuate con *software* ENVI-met sulle condizioni *ante operam* e lo saranno ugualmente anche su quelle *post operam* per la massima confrontabilità dei dati di risultanza.
4. Elaborazione dei risultati simulativi rispetto ai seguenti parametri ambientali:
 - *Air Temperatur* (AT), espressa in °C, che dipende dalla combinazione della inclinazione dei raggi solari insieme a numerosi altri fattori geografici. I suoi valori variano nel tempo e nello spazio;
 - *Physiological equivalent temperature* (PET), espressa in °C, è un parametro biometeorologico in funzione della temperatura dell'aria, dell'umidità, della velocità del vento e della pressione atmosferica che descrive empiricamente la percezione termica di un individuo. È un indice valido per valori di pressione compresi tra 800 mb e 1100 mb e per temperature tra 20°C e 45°C. Con WS=1 m/s sono state

System of services and functions

The area has schools of every kind and level, and public and private healthcare facilities, but the problem of the reuse of the Santa Maria della Pietà complex, the former mental institution closed for good in 2000, remains an open one. The setting is generally without urban-level services, both public and private. The network of commercial services is concentrated in the central areas and on the roads with intense vehicle traffic, but these are for the most part proximity activities that generate no significant development or employment. Persons tasked with creative and cultural activities equal 1 per 100 inhabitants, against 3.5 for Rome. There is currently only one cinema in operation; there are no gyms or bookshops, and cultural activities are limited to individual events. In the case of Primavalle, Via Pietro Maffi and Via Federico Borromeo running towards Piazza Clemente XI are marked by the presence of small commercial activities insufficient for meeting the needs of proximity services.

The travel times from the former IACP area of Torrevecchia to the main services do not exceed 15 minutes, considering a route on foot, along the commercial road of Via di Torrevecchia; however, there are no activities or services inside the IACP building complex and in particular along the pedestrian avenue accessing the neighbourhood where the construction typologies envisaged them but are currently in a state of complete decay and neglect. The Quartaccio neighbourhood also lacks services. Almost all the complex's buildings are exclusively residential in character, given that the ground floors, also originally conceived to house offices and commercial activities, were later transformed into dwellings. Pineto-Valle Aurelia: The first two levels of the towers were originally designed to house services for residents. Currently, in 4 towers out of 6, the spaces are in a state of neglect or have been transformed into storage areas and additional dwellings. In the other two towers is the library, and commercial activities insufficient to meet the residents' needs for proximity services, and often with highly decayed connective spaces.

Greenery system

Primavalle, Torrevecchia, and Quartaccio have no public parks or equipped green areas. However, the district does have some major resources, like the Riserve Naturali di Monte Mario e dell'Insugherata nature reserves, Parco Regionale Urbano del Pineto-Valle Aurelia, Monumento Naturale Quarto degli Ebrei - Tenuta di Mazzalupetto – which, however, are distant from the inhabited area.

*For Pineto-Valle Aurelia, the situation is different because it abuts some of these areas but still lives in a condition of ex-
traneousness to them, and is thus unable to take advantage of*

their proximity. In any event, many green areas are untended, both inside and at the margins of the urban fabric, and are not equipped. Bike and pedestrian paths are wholly absent. One of the most prized settings is Valle dei Fontanili, once fed by natural springs and now reduced to a drainage ditch; however, its environmental recovery and the green reclamation of the surrounding areas are planned.

Bioclimatic system

The project area is located in the quadrant between Via Trionfale, Via Boccea and the Acquafredda nature reserve. As already mentioned, this is a densely populated urban sector where widespread overbuilding along with a high percentage of asphalted land raises problems of soil permeability which, by hampering evapotranspiration, results in a worsened microclimate and runoff problems. Green areas and open spaces lack shaded zones, with excessive sunlight bringing consequent heat island phenomena; their usability is therefore limited. Conversely, deciduous tree species line the road axes with intense vehicular traffic and the consequent emission of pollutants and fine dust, while shielding from cold winter winds is lacking.

The buildings are obsolete and decayed due to the lack of maintenance interventions. Inside the dwellings, temperatures are too hot in the summer and too cold in the winter. In thermo-hygro-metric terms, these are real estate units with negative well-being impacting the health of those who live there. The building fabric is also marked by roofing in dark colours and with material characteristics that do not favour the building of an adequate microclimate

3.3 THE VALLE AURELIA-PRIMAVALLE-TORREVECCHIA-QUARTACCIO DISTRICT: DEFINING A STRATEGIC FRAMEWORK OF CLIMATE ADAPTIVE DESIGN

3.3.1 Objectives of the experimentation

The research activity was oriented mainly towards the possible modes of strengthening the use of natural bioclimatic factors and optimizing their impacts on the aspects of environmental comfort and on sustainability through the use of design simulations aimed at testing the improvements made and assessing their actual benefits.

The project thus calls for the bioclimatic adjustment of public outdoor spaces, attributing specific functions to them, and the valorization of the green that is present, by increasing the tree species to combat heat islands, offer shade, and prevent the phenomena connected to extreme rains and downpours with augmented permeable areas and a reorganization of plants in accor-

individuate le seguenti classificazioni: (Fresco ≤ 27 ; Moderatamente fresco tra 27 e 34; Benessere tra 34 e 47; Leggermente afoso tra 47 e 51; Afoso > 51);

- Mean Radiant Temperature (MRT), espressa in °C, che indica la media delle temperature superficiali scambiate con l'ambiente circostante, influenzata sia dalle proprietà radiative (riflettanza, riflessione, assorbimento e albedo) che dalla emissività dei materiali della superficie;
 - Wind Speed (WS), espressa in metri al secondo, dovuta ai venti prevalenti e alle caratteristiche microclimatiche locali.
5. Elaborazione dei risultati simulativi rispetto ai parametri che evidenziano la condizione di benessere psicofisico dell'individuo rispetto all'ambiente così come è definita dall'American Society of Heating Refrigerating and Conditioning Engineers (ASHRAE):
 - Predicted Mean Vote (PMV) che rappresenta un indice sintetico per la valutazione del comfort ambientale ed è funzione di sei variabili indipendenti (temperatura, umidità relativa, velocità dell'aria, temperatura media radiante, isolamento termico del vestiario, livello di attività metabolica);
 - Predicted Percentage of Dissatisfied (PPD), che esprime la percentuale di persone insoddisfatte della condizione ambientale.
 6. Studio di dettaglio degli esiti dei parametri esaminati con le simulazioni dinamiche e valutazione bioclimatico-ambientale sullo stato di fatto *ante operam*.

Seconda Fase: Strutturazione di un quadro-concept di riferimento per la formulazione e sviluppo degli interventi progettuali, che si è esplicata attraverso i seguenti punti:

7. Costruzione di un quadro-concept di riferimento e definizione dei principali sistemi progettuali tecnologici che caratterizzeranno l'intervento di *Adaptive Design*, in coerenza con gli esiti analitici-conoscitivi-valutativi e predittivi della precedente fase rispetto alle *performance* attese (che saranno complessivamente valutate nella terza fase).
8. Formulazione dello scenario di intervento, valutazione sulla sua compatibilità con gli obiettivi performativi del quadro *concept* e sviluppo della sperimentazione progettuale con l'indicazione di possibili soluzioni.

Terza Fase: Valutazione delle performance in chiave bioclimatica e di adattamento climatico, che si è sviluppata attraverso i seguenti punti:

9. Misurazione dinamica delle *performance* bioclimatiche ambientali riferite alle condizioni post operam.
10. Valutazione e messa in risalto dei valori incrementali di *performance* bioclimatica nell'assetto *post-operam*, con particolare riferimento agli aspetti di miglioramento delle capacità climatico-adattive.

3.4 PROGETTI DIMOSTRATORI DELLA SPERIMENTAZIONE DI CLIMATE ADAPTIVE DESIGN NEL DISTRETTO DI VALLE AURELIA-PRIMA VALLE-TORREVECCHIA-QUARTACCIO

3.4.1 Strategie e azioni di intervento

Il quadro metodologico esaminato ha permesso di definire le strategie per un sistema sinergico di intervento e pervenire ad azioni integrate in grado di fornire

adeguate risposte alle problematiche ambientali emerse e raggiungere l'obiettivo di risanamento programmato.

Per Primavalle, un ruolo determinante e strutturante è stato assegnato alla sistemazione delle due piazze centrali, che vanno liberate dalle auto che ne soffocano la vitalità, e al viale che le collega nonché al sistema degli spazi aperti pubblici: dal grande spazio esterno, articolato in un sistema di giardini, pavimentazioni e attrezzature di vario tipo, allo spazio intermedio caratterizzato dai percorsi interni ai lotti degli insediamenti IACP, fino alla serie di spazi interclusi che costituiscono espressione della diffusa relazionabilità tra dimensione "esterna" e "interna".

Asse strategico del progetto relativo a Torvecchia è la rivalutazione di due elementi presenti nel quartiere, la piazza centrale non più area di sosta per auto-veicoli ma fulcro catalizzante per l'intero quartiere dove saranno collocate tutte le funzioni sociali (farmacia, presidio medico, centro per anziani, ludoteca, palestra, sale polivalenti, uffici, bar, servizio ristorazione e attività commerciali) e il viale pedonale in quota che collega la piazza con via di Torvecchia, caratterizzata da intenso traffico veicolare e da una sviluppata un'area commerciale.

Il viale pedonale è uno spazio protetto da edifici in linea che costituisce un elemento caratterizzante della spazialità replicato nell'intero quartiere attraverso l'individuazione di una gerarchia di percorsi coperti e non, a terra o in quota che lo attraverseranno da Est a Ovest e da Nord a Sud e che collegheranno fra loro tutti gli edifici. Questi attraversamenti opportunamente integrati con alberature convo-

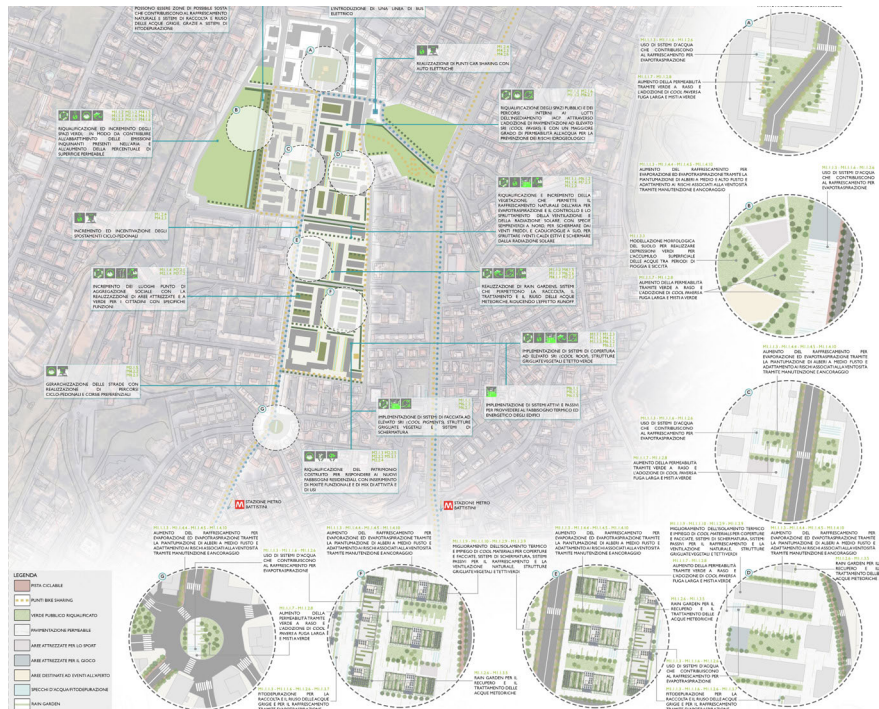


Fig. 26 - *Masterplan* del quartiere ex IACP di Primavalle, Strategie, Misure di intervento e Azioni di retrofitting degli spazi pubblici / *Master plan of the former IACP District of Primavalle, strategies, intervention measures and retrofitting of public spaces* (Source: Elaboration by Research Unit Sapienza Università di Roma).

dance with a design in keeping with improving comfort and strengthening mobility in a sustainable way. The retrofitting of buildings will instead involve morphological, functional, and technological aspects of the buildings themselves and of their exterior spaces.

An objective of the experimentation is to provide usability to public spaces, and liveability to dwellings, impacting the comfort factors by raising environmental well-being and strengthening capacities for resilience and adaptation to the effects of climate change, with reduced energy consumption and CO₂ emissions, thus helping determine favourable conditions for social and economic development for the neighbourhood's inhabitants.

Another, no less important objective is to nourish a debate and dialogue within the scientific community, aimed at increasing technological and scientific knowledge on the issue of models for ecosystemic and environmental requalification intervention, and towards this end, two congruent lines of strategic guidance emerge:

- *assessment of the improved environmental comfort of the spaces, through comparison between the starting situation and the situation arrived at after adopting the design actions;*
- *implementation of a structured database of all the elements of knowledge of the current state and of the assessments re-casting the project's results;*

These lines will allow the experiences to be capitalized on and indications to be drawn from them for other projects and experimentations, with gradual updating; they will also make it possible to study the phenomenon of environmental requalification through the temporal developments of the methodology and the technological innovations as they are introduced, relating them to the produced outcomes.

3.3.2 Adopted methodology

Starting from the scientific literature, the methodological approach is founded upon comparison with documents by international (ILO, 2016; IPCC, 2018) and European (EEA, 2016; OECD, 2017) bodies, and on guidelines and strategies put in place by the States General of the Green Economy and by the Green City Network in Italia (SGGE, 2017, GCN, 2019), and is based upon the design simulations articulated with the following steps, which we may sum up with the expression input modelling - ex ante simulation - output modelling - ex post simulation:

- *modellized construction of a framework of reference (input modelling);*
- *simulation of the state of reference (ex ante simulation);*
- *based on the critical assessment of the results, identification of the technological systems that are the object of the experimentation, and definition of intervention scenarios (output modelling);*

- simulations of the performance behaviour of the intervention scenarios, also with the development of analyses alternative to them, applied with innovative tools (ex post simulation);
- focus on the most appropriate solutions with respect to the dynamic simulation results dynamic (level 2 output modelling);
- more pertinent and in-depth simulations taking account of the solutions defined in the previous passage (level 2 ex post simulation);
- formulation of the adaptive intervention model deemed most effective in that specific context and in those given conditions (final output modelling).

For each of the demonstration projects (Primavalle, Torrevicchia, Quartaccio, and Pineto-Valle Aurelia), the experimentation developed in accordance with three phases, articulated in a set of “Ten Commandments”: 10 steps as indicated below:

Phase 1: Analysis and assessment of the current state of the studied area and of its context, developed through the following points:

1. Characterization of the context's environmental system through the relative climate data and the main environmental factors that may be gleaned from official data or from “big data” systems.
2. Identification of the key points representing the entire area's bioclimatic behaviour, built upon the homogeneity of each zone in such a way that dissimilarity is minimal inside the zone, and maximal between different zones. For each identified zone, a virtually barycentric point is chosen, where the measurement is made.
3. Construction of the dynamic simulations model with four variables, one of which is the time for analysis of the variations on key days and at key times, and acquisition of the relative data. Execution, based on this model, of dynamic simulations of the microclimatic and environmental behaviour in the studied area, expanded with an additional segment around it to improve the reliability of the produced effects. The processing is done with ENVI-met software on the ante operam conditions, as will also be done on post operam conditions for maximum comparability of the output data.
4. Processing of the simulation results with respect to the following environmental parameters:
 - Air Temperature (AT), expressed in °C, which depends on the combination of the inclination of the sun's rays, along with numerous other geographical factors. Its values vary over time and in space;
 - Physiological Equivalent Temperature (PET), expressed in °C, is a biometeorological parameter dependent upon air temperature, humidity, wind speed, and atmospheric pressure, that empirically describes an individual's heat perception. It is an index valid for pressure values between 800 mb and

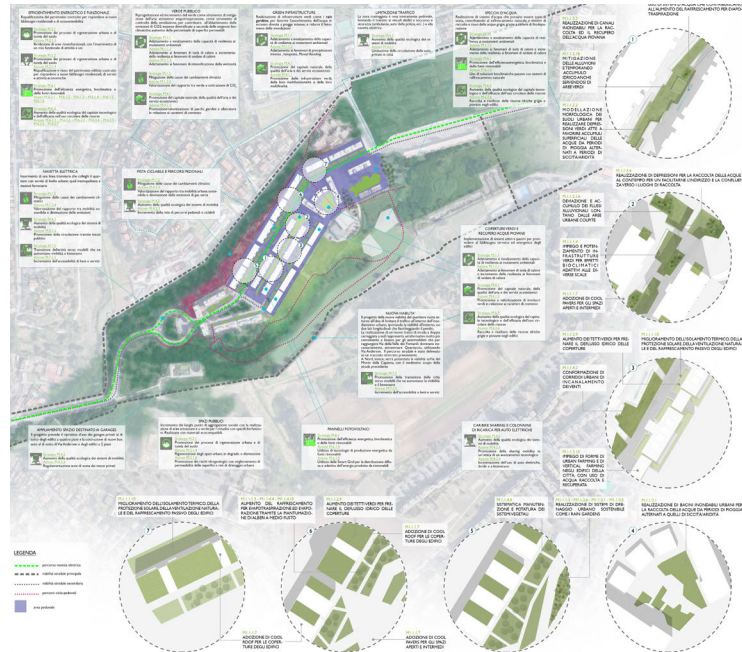


Fig. 27 - Masterplan del quartiere ex IACP di Quartaccio, strategie, misure di intervento e azioni di retrofitting degli spazi pubblici / Master plan of the ex IACP neighborhood of Quartaccio, strategies, measures of intervention and actions of retrofitting of public spaces (Source: Elaboration by Research Unit Sapienza Università di Roma).



Fig. 28 - Masterplan del quartiere ex IACP di Pineto-Valle Aurelia, strategie, misure di intervento e azioni di retrofitting degli spazi pubblici / Master plan of the ex IACP District of Pineto-Valle Aurelia, strategies, measures of intervention and actions of retrofitting of public spaces (Source: Elaboration by Research Unit Sapienza Università di Roma).



Fig. 29 - Masterplan del quartiere ex IACP di Primavalle, strategie, misure di intervento e azioni di retrofitting degli spazi pubblici / Master plan of the former IACP District of Primavalle, strategies, measures of intervention and actions of retrofitting of public spaces (Source: Elaboration by Research Unit Sapienza Università di Roma).

glieranno correnti di aria utili a migliorare il comfort, in particolare in estate, saranno attrezzati con arredo urbano e ombreggiati mentre il viale pedonale di accesso al quartiere verrà trasformato in un vero e proprio *boulevard* con spazi di aggregazione.

Per Quartaccio l'idea progettuale è innanzitutto di restituire a via Andersen l'originaria funzione di centro aggregativo e relazionale della comunità e per questo sono stati tracciati quattro nuovi percorsi che seguono l'andamento degli edifici del quartiere: due paralleli sui lati contrapposti all'asse centrale per consentire una migliore fruizione del verde, un nuovo tracciato stradale che collegherà i quartieri limitrofi alleggerendo il traffico su via Andersen che sarà limitato al trasporto pubblico non inquinante e, infine, un tratto centrale per realizzare un viale pedonale con pavimentazione permeabile mista a prato e ricco di vegetazione. Inoltre si prevede la realizzazione di percorsi trasversali ai primi per consentire una migliore fruizione e accessibilità degli spazi. Di primaria importanza nella progettazione è la predisposizione di determinati punti di incontro quali alcune piazze di cui una multifunzionale con utilizzazione differenziata in relazione alla stagione (cinema in estate, pista di pattinaggio in inverno), un'area mercato, la sistemazione di orti urbani con le relative strutture verdi, un parco giochi finalizzato a stimolare la sensibilità dei bambini verso l'ambiente e la produzione di energia pulita, tutte con gli arredi urbani necessari per consentire ai cittadini di intrattenersi piacevolmente in modo da trascorrere il tempo libero in un ambiente sicuro e confortevole che costituisce una premessa fondamentale per la socializzazione degli spazi. Nella stessa logica essenziali sono inoltre la sistemazione di un'area per accogliere le strutture sportive quali un campo da calcio, uno per il basket e per la

1100 mb, and for temperatures between 20°C and 45°C. With $WS = 1$ m/s, the following classifications were identified: (Cool ≤ 27 ; Moderately cool between 27 and 34; Well-being between 34 and 47; Slightly muggy between 47 and 51; Muggy > 51);

- Mean Radiant Temperature (MRT), expressed in °C, which indicates the mean of the surface temperatures exchanged with the surrounding environment, influenced both by the radiation properties (reflectance, reflection, absorption, and albedo) and by the emissivity of the surface's materials;
 - Wind Speed (WS), expressed in metres per second, due to the prevailing winds and the local microclimatic characteristics;
5. Processing of simulation results with respect to the parameters highlighting the conditions of the individual's psychophysical well-being with respect to the environment, according to the definition given them by American Society of Heating Refrigerating and Conditioning Engineers (ASHRAE):
 - Predicted Mean Vote (PMV), which represents a synthetic index to assess environmental comfort; it is a function of six independent variables (temperature, relative humidity, air speed, average media radiant temperature, thermal insulation of clothing, level of metabolic activity);
 - Predicted Percentage of Dissatisfied (PPD), which expresses the percentage of persons dissatisfied with the environmental condition.
 6. Detailed study of the results of the parameters examined with the dynamic simulations and bioclimatic-environmental assessment on the ante operam state.

Phase 2: Structuring of a conceptual framework of reference for the formulation and development of the design interventions, which was carried out through the following points:

7. Construction of a conceptual framework of reference and definition of the main technological design systems that characterize the Adaptive Design intervention, in keeping with the analysis/knowledge/assessment and predictive results of the earlier previous with respect to the expected performance (to be assessed in phase 3).
8. Formulation of the intervention scenario, assessment of its compatibility with the conceptual framework's performance objectives, and development of the design experimentation, indicating possible solutions.

Phase 3: Assessment of bioclimatic and climate adaptation performance, which was developed through the following points

9. Dynamic measurement of environmental bioclimatic perfor-

LAYOUT DI PROGETTO

SCHERMARE GLI EDIFICI DAI VENTI FREDDI PROVENIENTI DA NORD ATTRAVERSO L'USO DI VEGETAZIONE ESPRIVERE

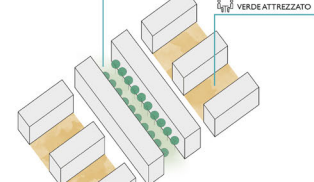
RIQUALIFICAZIONE DEGLI ALLOGGI INTERNI ADATTANDOLI ALLE ESIGENZE ATTUALI, COMFORT BIOCLIMATICO E RIDUZIONE DEI CONSUMI ENERGETICI TRAMITE L'USO DI SISTEMI ATTIVI E PASSIVI, MIGLIORAMENTO DELL'ISOLAMENTO, CREAZIONE DI SPAZI COMUNI E SERVIZI PER FAVORIRE L'INTERAZIONE SOCIALE E IL MIX FUNZIONALE

RIQUALIFICAZIONE DEGLI SPAZI ESTERNI ADIACENTI AGLI EDIFICI TRAMITE L'USO DI VEGETAZIONE, PAVIMENTAZIONI PERMEABILI, ARREDO URBANO E LA FUNZIONALIZZAZIONE DI AREE PER LO SVAGO E PER IL TEMPO LIBERO, IN MODO DA FAVORIRE L'AGGREGAZIONE SOCIALE

SCHERMARE LE PARETI MAGGIORMENTE ESPOSTE AI RAGGI SOLARI ATTRAVERSO L'USO DI ELEMENTI SCHERMANTI INTERNI ED ESTERNI, IN MODO DA GARANTIRE IL COMFORT ED EVITARE L'ABBAGLIAMENTO DIRETTO

SCHEMI DI PROGETTO

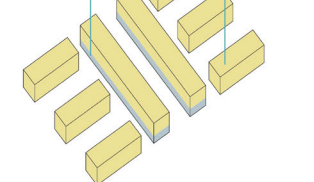
BOULEVARD PEDONALE
VERDE ATTREZZATO



LA VOLONTÀ È QUELLA DI RENDERE GLI SPAZI DELL'INSEDIAMENTO IACP LUOGO DI AGGREGAZIONE SOCIALE, ANDANDO A RIQUALIFICARE LE AREE ADIACENTI AGLI EDIFICI DANDO LORO DELLE SPECIFICHE FUNZIONI IN MODO DA RENDERE ATTRATTIVE PER I CITTADINI: AREE ATTREZZATE PER I BAMBINI, AREE ATTREZZATE PER LO SPORT E AREE VERDE ATTREZZATE.

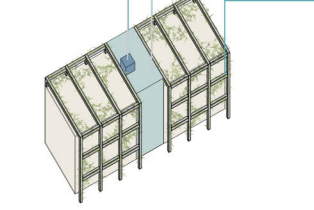
UN BOULEVARD PEDONALE AL CENTRO DELL'INSEDIAMENTO DIVENTA ELEMENTO DI CONNESSIONE CHE ATTRAVERSA TUTTI I LOTTI IACP, CARATTERIZZATO DALLA PRESENZA DI VEGETAZIONE, RAIN GARDENS E VASCHE D'ACQUA, CONTRIBUISCE AL RAFFRESCAMENTO DEGLI SPAZI.

SERVIZI
ALLOGGI - SPAZI COMUNI



L'OBIETTIVO È QUELLO DI FAVORIRE IL MIX FUNZIONALE, IL BOULEVARD PEDONALE È CARATTERIZZATO DALLA PRESENZA, AI LATI DI NEGOSI E SERVIZI, POSIZIONATI AI PIANI TERRA, DELL'EDIFICIO TIPO 2. TUTTI GLI EDIFICI IN COLTURA AVARIPAN SONO DOTATI DI SPAZI DI USO COMUNE CHE FAVORISCONO LA SOCIALITÀ.

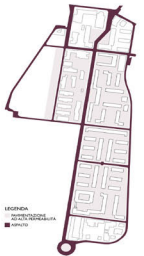
TORRE DI VENTILAZIONE
ATRIO BIOCLIMATICO
INVOLUCRO GRIGLIATO VERDE



IPOTETICHE FASI PROGETTUALI

1. SI PROGETTA UNA PRIMA FASE DI PROGETTO CHE PREVEDE LA REALIZZAZIONE NEGLI EDIFICI ESISTENTI DI TORRI DI VENTILAZIONE ED ATRII BIOCLIMATICI CONTRIBUENDO ALLA VENTILAZIONE NATURALE E AL RISCALDAMENTO E AL RAFFRESCAMENTO PASSIVI. 2. SI PROGETTA UNA SECONDA FASE DI PROGETTO CHE PREVEDE L'AGGIUNTA DI UN INVOLUCRO GRIGLIATO ESTERNO, ADDOSSATO ALLA FACCIATA SUD DEGLI EDIFICI CARATTERIZZATO DALLA PRESENZA DI PIANTE RAPPICANTI CADUCIFOGIE. QUESTO CONTRIBUISCE ALL'OMBREGGIAMENTO E AL RAFFRESCAMENTO PER EVAPORAZIONE IN ESTATE MENTRE PERMETTE L'INGRESSO DEI RAGGI SOLARI IN INVERNO.

SISTEMA DELL'ARREDO ARTIFICIALE DEL SUOLO



SISTEMA DEL VERDE E DEGLI SPAZI ESTERNI



SISTEMA DELL'ACCIAIA



SISTEMA DELLE COPERTURE



SISTEMA DELLE FACCIATE



PROPOSTA DI PROGETTO



INVOLUCRO GRIGLIATO DI ACCIAIO ADDOSSATO ALLA FACCIATA CON ELEMENTI VEGETAZIONALI CADUCIFOGIE PER L'OMBREGGIAMENTO E IL RAFFRESCAMENTO IN ESTATE E IL SOGGIORNO IN INVERNO

SISTEMA SCHERMANTE DI PANNELLI MESSAGLIA IN LEGNO CON ARRETRURA A LIBRO PER LA PROTEZIONE DAI RAGGI SOLARI

BIOCLIMATICO ATRIO PER IL RISCALDAMENTO E IL RAFFRESCAMENTO NATURALE

TETTO GIARDINO CHE CONSENTIRÀ IL RAFFRESCAMENTO NATURALE E LA LINEA DI DISPERSIONE TERMICA

TORRE DI VENTILAZIONE E DI ESTRAZIONE CHE CONSENTIRÀ LA CLIMATIZZAZIONE NATURALE DELL'EDIFICIO E L'ESPANSIONE DELL'ARIA

ALBERO CADUCIFOGIE PER LA REGOLAZIONE DEL MICROCLIMA TRAMITE L'EVAPORAZIONE E IL RAFFRESCAMENTO

VENTILAZIONE NATURALE IN ESTATE

ITOTERIZZAZIONE PER LA RACCOLTA E IL REUSO DELL'ACQUA GRIGIA PER LA REGOLAZIONE DEL MICROCLIMA TRAMITE L'EVAPORAZIONE

PAVIMENTO PER LA REGOLAZIONE DEL MICROCLIMA TRAMITE L'EVAPORAZIONE

PIANTE PIANTATE CON ISOLAMENTO E RAFFRESCAMENTO PERMEABILI

PAVIMENTAZIONE PERMEABILE

Fig. 30-31 - Elaborati della proposta progettuale per Primavalle / Drawings of the project proposal for Primavalle (Source: Elaboration by Research Unit Sapienza Università di Roma).

mance with reference to post operam conditions.

10. Assessment and highlighting of the incremental values of bioclimatic performance in the post-operam arrangement, with particular reference to the aspects of improving climate-adaptive capacities.

pallavolo nonché un percorso benessere attrezzato e una pista ciclabile con apposita pavimentazione.

Il masterplan di Pineto-Valle Aurelia è volto a dare una risposta alle strozzature quali viadotti, strade e svincoli che non danno continuità al tessuto urbano e alla costruzione di una rete di piazze valorizzando gli elementi architettonici storici e dando



Figg. 32-33 - Elaborati per quartiere ex IACP di Torrevecchia con indicazione delle azioni di *retrofitting* degli spazi pubblici e degli edifici / *Elaborates for ex IACP district of Torrevecchia with indication of retrofitting actions of public spaces and buildings* (Source: Elaboration by Research Unit Sapienza Università di Roma).

fruibilità ai beni ambientali integrandoli nel contesto attraverso percorsi pedonali e ciclabili attrezzati. Gli interventi sul verde e sul recupero degli edifici, che pure sono essenziali e strettamente collegati in una logica unitaria agli interventi strategici, saranno esaminati in dettaglio più avanti. In questa sede si sottolinea l'attenzione che il progetto pone alla salvaguardia dell'ambiente in tutti i suoi aspetti per cui saranno previste strutture frangirumore e alberature atte a questa particolare funzione per portare a livelli di accettabilità la rumorosità della linea ferroviaria di Valle Aurelia. Infine, un punto dirimente è rappresentato dal centro commerciale che dà vivacità al quartiere ma che deve essere affiancato da strutture per attività culturali e sportive, centri di aggregazione e tutto quanto può servire alla crescita di una consapevolezza civica. Insomma il centro commerciale deve essere funzionale al quartiere e non viceversa.

Altro asse strategico è la sistemazione delle aree a verde, attualmente poco più che campi erbosi e disordinate essenze arboree. Saranno rinfoltite le alberature presenti in modo da assicurare una visione più piacevole ma, soprattutto dal punto di vista climatico, consentire di filtrare e indirizzare le correnti producendo un ombreggiamento nel periodo estivo, ma anche un maggiore assorbimento degli agenti inquinanti. Le albe-

SISTEMA DELL'ASSETTO ARTIFICIALE DEL SUOLO

- PAVIMENTAZIONE PERMEABILE
- PAVIMENTAZIONE PISTA PERMEABILE VERDE
- ASFALTO ORDINARIO



SISTEMA DELLA MOBILITA'

- VIABILITA' CARRABILE E SENSO DI MARCIA
- VIABILITA' CICLABILE
- VIABILITA' CICLOPSONORALE DI ATTILUBRISAMENTO DEL QUARTIERE
- PERCORSO NAUTICA ELETTRICA DI SCAMBIO ENERGETICO



SISTEMA DELL'VERDE

- AREA CARATTERE NATURALISTICO
- VERDE PUBBLICO RIQUALIFICATO
- VERDE PRIVATO
- RAIN GARDEN



SISTEMA FUNZIONALE

- ACCESSO PEDONALE AI GARAGE SOTTERRANEI
- ACCESSO CARRABILE AI GARAGE SOTTERRANEI
- PUNTI RACCOLTA DIFFERENZIATA



Fig. 34-35 - *Concept, layout* di progetto (di lato), *planimetria e prospetti* del quartiere ex IACP - Quartaccio / *Concept, project layout (on the side), plan and elevations of the former IACP neighborhood - Quartaccio* (Source: Elaboration by Research Unit Sapienza Università di Roma).

rature posizionate ai margini del complesso fungeranno da barriera naturale all'azione del vento invernale proveniente da Nord-Est smorzandone la velocità e deviandone il percorso e, in prossimità di via Torvecchia, potranno costituire un filtro all'inquinamento acustico. Analogamente saranno posizionate strutture schermanti e alberature antirumore nei punti a impatto più critico della linea ferroviaria di Valle Aurelia. Per gli spazi intermedi agli edifici è prevista la creazione di zone verdi caratterizzate da prati, alberi caducifoglie e zampilli d'acqua per innescare fenomeni di evapotraspirazione con l'obiettivo di abbassare le temperature estive, percorsi pedonali e integrazione fra verde e strutture sportive esistenti. Saranno realizzati inoltre specchi d'acqua per il recupero delle acque meteoriche in corrispondenza dei singoli edifici e depressioni artificiali del terreno per costituire un bacino di raccolta delle acque e il loro indirizzamento controllato quale azione di mitigazione al rischio di precipitazioni intense. In caso di piogge intense anche le piazze diventeranno bacini di raccolta delle acque che saranno stoccate in serbatoi e utilizzate per l'irrigazione delle aree verdi.



Figg. 36-37 - *Concept, layout* di progetto (di lato), planimetria e prospetti del quartiere ex IACP di Pineto-Valle Aurelia / *Concept, project layout (on the side), plan and elevations of the former IACP district of Pineto-Valle Aurelia* (Source: Elaboration by Research Unit Sapienza Università di Roma).

Gli spazi verdi contribuiscono alla sottrazione delle emissioni inquinanti presenti nell'area e all'adattamento ai fenomeni di isola di calore e a quelli di ondata di calore assicurando il raffrescamento naturale per evapotraspirazione e migliorando la resilienza. Risulta strategica la loro interazione con la ventilazione naturale, opportunamente studiata differenziandone gli apporti nei diversi punti del quartiere, favoriti d'estate e attenuati/schermati d'inverno dal rinnovato assetto morfologico che viene a configurarsi con l'inserimento delle nuove specie (Tucci, 2012). Altrettanto strategica è la relazione con la radiazione solare attraverso l'impiego, indirizzato e verificato nei suoi apporti tramite le simulazioni, di specie sempreverdi e caducifoglie secondo la valutazione delle opportunità di creare condizioni di contesto in grado di privilegiare la schermatura dall'irraggiamento solare d'estate oppure l'azione termica della radiazione durante l'inverno.

La riqualificazione degli spazi esterni attraverso l'uso della vegetazione (Akbari, 2009), di pavimentazioni permeabili e cool (Chatzidimitriou & Yannas, 2015), di

3.4 DEMONSTRATION PROJECTS OF THE CLIMATE ADAPTIVE DESIGN EXPERIMENTATION IN THE VALLE AURELIA-PRIMA VALLE-TORREVECCHIA-QUARTACCIO DISTRICT

3.4.1 Strategies and intervention actions

The examined methodological framework allowed strategies for a synergistic system of intervention to be defined and inte-



Fig. 38 - Interventi per gli spazi pubblici del ex quartiere IACP di Quartaccio / Interventions for the public spaces of the former neighborhood IACP of Quartaccio (Source: Elaboration by Research Unit Sapienza Università di Roma).

grated actions to be arrived at that would make it possible to provide suitable responses to the environmental problems that have emerged, and to achieve the objective of programmed restoration.

For Primavalle, a decisive, structuring role was assigned to the arrangement of the two central Piazzas, which are to be freed of the cars that suffocate their vitality, and to the avenue linking them, as well as to the system of public outdoor spaces: from the large external space articulated in a system of gardens, pavements, and equipment of various kinds, to the intermediate

arredo urbano in un'ottica bioclimatica (Erell, et al., 2011) e la funzionalizzazione di aree per lo svago e il tempo libero con un'impronta green (Makropoulou, Gospodini, 2016) rispondono alle esigenze di complessivo miglioramento del comportamento bioclimatico ambientale (Nikolopoulou, 2004) con una positiva ricaduta sulla loro qualità e benessere ambientali (Santamouris & Kolokotsa, 2016) e offrono riscontro anche all'asse strategico che vuole elevare il loro grado di fruibilità e favorire l'aggregazione e la resilienza sociale (Zolli & Healy, 2015), prestando attenzione alle diverse fasce di utenza che, dopo decenni di vita nel degrado, necessitano di attenzione e di particolare cura. Per quanto riguarda la scelta dei materiali e le definizioni cromatiche negli spazi pubblici aperti, sulle facciate e sulle coperture degli edifici,

sono stati privilegiati quelli naturali appartenenti alle categorie dei *cool paver* e dei *cool material*, in modo da aumentare la quantità di energia riflessa a scapito di quella immagazzinata e ottenere una minore temperatura superficiale contribuendo al miglioramento delle condizioni climatiche e ambientali. Per tutta l'area di intervento sono previsti pavimentazioni e coperture fredde, tetti verdi e involucri con colori chiari, a volte anche schermati con la vegetazione.

Il *retrofitting* degli edifici sconta una situazione di partenza che dal punto di vista del consumo energetico necessita di significativi e importanti interventi; per questo è stata messa a punto una selezione di dispositivi tecnologici passivi integrabili nei sistemi di involucro e strutturali degli edifici in modo da assicurare un grande vantaggio a fronte di un investimento contenuto.

Innanzitutto si farà ricorso a facciate ventilate, un rivestimento perimetrale che prevede l'applicazione sulla superficie esterna dell'edificio di uno strato che non aderisce alla parete di tamponamento formando con essa un'intercapedine che permette la circolazione dell'aria. D'inverno, il calore è diretto dall'interno dell'edificio all'esterno ed è trattenuto dallo strato isolante che funziona da accumulatore termico dell'energia prodotta dall'ambiente interno, mentre d'estate l'irraggiamento solare riscalda la facciata ventilata innalzando la temperatura dell'aria interna all'intercapedine che tende a salire sostituita dall'aria più fresca proveniente dal basso che mantiene più bassa la temperatura della parete più interna dell'involucro.

È previsto inoltre l'impianto di torri di ventilazione, un sistema a flusso ascendente, con masse d'aria immesse all'interno dell'edificio attraverso canali interrati che la prelevano dall'esterno e la portano a temperatura costante per poi risalire per effetto della differenza di pressione dell'aria servendo i singoli alloggi. Ciò costituisce un sistema valido durante tutto l'anno che si apprezza in particolare d'estate perché l'aria immessa nei singoli appartamenti ha una temperatura sensibilmente più bassa di quella esterna determinando un miglioramento del comfort. In inverno invece l'aria immessa è più calda di quella esterna ma in ogni caso deve essere integrata con il sistema di riscaldamento.

Altro dispositivo tecnologico passivo che troverà applicazione generale è quello dell'atrio bioclimatico, cioè lo spazio sul quale si affacciano gli alloggi dell'edificio ai diversi piani che modula gli effetti delle variazioni di temperatura tra esterno e interno grazie all'inerzia termica a vantaggio degli ambienti adiacenti sia dal punto di vista termico sia dei consumi energetici: d'inverno accumulano calore in virtù della chiusura degli involucri vetrati e dell'attivazione di masse d'aria interne, mentre d'estate gli involucri aperti permettono una ventilazione naturale strategica, il raffrescamento passivo degli ambienti in fase notturna e i ricambi d'aria. Gli atri danno inoltre un importante contributo in termini d'illuminazione naturale a tutti gli spazi collettivi dell'edificio durante l'intero anno.

Analogo comportamento termico degli atri si realizza con l'uso di logge solari per ogni alloggio, le aperture degli alloggi saranno dotate invece di elementi schermanti per garantire in estate l'ombreggiamento e d'inverno per sfruttare l'esposizione solare; è prevista la presenza di verde pensile in facciata in funzione di raffrescamento e con ricadute sul microclima urbano di contesto, mitigando l'effetto di isola di calore e consente di filtrare l'inquinamento dell'aria incidendo sull'anidride carbonica. Infine su alcune pareti è prevista l'applicazione di un impianto fotovoltaico ibrido con accumulatore connesso alla rete di distribuzione ma che potrà funzionare anche in *off-grid*, in modo indipendente, per la produzione in autonomia di energia elettrica.

space characterized by paths within the lots of the IACP settlements, and to the series of enclosed spaces expressing the widespread relatability between the "external" and "internal" dimensions.

A strategic axis of the Torvevecchia project is the reassignment of two elements present in the neighbourhood: the central Piazza - no longer only an area for motor vehicles to stop, it must acquire a role as catalyst for the entire neighbourhood, where all the social functions (druggist, medical assistance, old age centre, recreation centre, gym, multifunctional rooms, offices, bar, food service, and commercial activities) will be placed near it; and the elevated pedestrian avenue linking the Piazza with Via di Torvevecchia, marked by intense vehicular traffic and by a developed commercial area.

The pedestrian avenue is a space protected by buildings in a line constituting an element characterizing the spatiality that was repeated in the entire neighbourhood through the identification of a hierarchy of covered and uncovered paths, on ground level and or elevated, that cross it from East to West and from North to South, and that will connect all the buildings with one another. These crossings, appropriately integrated with trees, will convey air currents of use for improving comfort, particularly during the summer. They will be equipped with street furniture, and shaded, while the pedestrian avenue accessing the neighbourhood will be transformed into a true boulevard with gathering places.

For Quartaccio, the design idea is first of all to restore Via Andersen's original function as a centre for the community to gather and to relate to one another, and for this reason four new paths have been laid out, retracing the path of the neighbourhood's building: two parallel ones on the opposite sides of the central axis to permit better use of the greenery, a new road that will connect the adjacent neighbourhoods thereby lightening the traffic on Via Andersen which will be limited to non-polluting transport, and, lastly, a central section for the development of a pedestrian avenue with permeable pavement mixed with lawn and rich in vegetation. Moreover, the development of two routes to cut across the first ones is planned, to permit better use and accessibility of the spaces. Of primary importance in the design is the preparation of certain meeting points, such as some piazzas, one of which multifunctional with differentiated use depending on the season (cinema in the summer, skating rink in the winter), a market area, the arrangement of urban vegetable gardens with the corresponding green structures, a playground to stimulate children's sensitivity to the environment and the production of clean energy, all with the street furniture needed to allow citizens to enjoy pleasant recreation so as to spend their free time in a safe and comfortable environment that

ANALISI DEL COMPORTAMENTO ESTIVO

7/08/2018 - h12:00

ANALISI DEL COMPORTAMENTO INVERNALE

31/12/2018 - h12:00



Fig. 39 - Simulazioni dei principali comportamenti bioclimatici estivi e invernali nello stato *ante operam* e *post operam* dell'intero quartiere ex IACP di Primavalle / *Simulations of the main summer and winter bioclimatic behaviors in the ante operam and post operam state of the entire ex IACP District of Primavalle* (Source: Elaboration by Research Unit Sapienza Università di Roma).



Fig. 40 - Schemi delle principali azioni di intervento e planimetria dell'area intervento con indicazione dei punti chiave di rilevazione dei parametri e relative risultanze delle rispettive simulazioni di comportamento ambientale con confronto *ante operam* e *post operam* in 3 punti in relazione alle performance termo e fluidodinamiche / Schemes of the main actions of intervention and planimetry of the intervention area with indication of the key points of detection of the parameters and related results of the respective simulations of environmental behavior with comparison *ante operam* and *post operam* in 3 points in relation to the thermal and fluid-dynamic performance (Source: Elaboration by Research Unit Sapienza Università di Roma).

is a fundamental premise for the socialization of spaces. Similarly essential is the arrangement of an area to accommodate sport facilities, such as a soccer pitch, a basketball court and a volleyball court, as well as an equipped fitness path and a suitably paved bike path.

The Pineto-Valle Aurelia master plan is aimed at providing a response to bottlenecks like viaducts, roads, and junctions that provide no continuity with the urban fabric, and at building a network of Piazzas, capitalizing on the historical architectural elements, and endowing the environmental assets with usability, while integrating them into the context by means of equipped bike and pedestrian paths. The interventions on the greenery and on the buildings' recovery, which are also essential and closely linked - in single unit - to the strategic interventions, will be examined in detail at a later time. Here, the attention the project gives to safeguarding the environment in all its aspects is stressed, for which noise barriers are planned, as well as trees suitable for this particular function, in order to bring the noisiness of the Valle Aurelia railway line to levels of acceptability. Lastly, a decisive point was the shopping centre that gives the neighbourhood liveliness, but must be accompanied by structures for cultural and sport activities, gathering places, and all else that may be of use for augmenting civic awareness. Essentially, the shopping centre must be functional to the neighbourhood, and not the other way around.

Another strategic axis is the arrangement of the green area, currently little more than grassy fields and disordered stands of trees. The tree cover that is present will be made denser. This will ensure a more pleasant view but above all, from the climate standpoint, will make it possible to filter and direct the currents, and will result in more shading during the summer, but also in greater absorption of pollutants; those positioned at the margins of the complex serve as a natural barrier to winter wind from the Northeast, dampening its speed and deviating its trajectory and, near Via Torrevicchia, constituting a filter for noise pollution. Shielding structures and noise-dampening trees will similarly be placed in the points of more critical impact of the Valle Aurelia railway line.

The intermediate spaces between the buildings will be endowed with green areas, characterized by meadows, deciduous trees, and water fountains triggering evapotranspiration phenomena with the aim of lowering summer temperatures; pedestrian paths; and integration between greenery and existing sports facilities. Ponds will also be developed to recover rainwater in correspondence with the individual buildings, as well as artificial depressions in the ground to serve as a basin for water collection and to guide water in a controlled fashion as an action to mitigate the risk of intense precipitation. In the

3.4.2 Risultati performanti della sperimentazione

L'applicazione dell'approccio metodologico e delle linee strategiche delineate nel corso della sperimentazione permette - al termine di tutto il processo di *modeling* e *simulation* operato comparativamente sulle condizioni *ante e post operam* e alla luce di tutti i passaggi precedenti - di valutare gli impatti e gli effetti delle scelte progettuali in termini di performance bioclimatico-ambientali con particolare riferimento agli aspetti microclimatici di tipo fluidodinamico e termico, e con esplicito obiettivo il complessivo miglioramento delle condizioni di *comfort* ambientale e, indirettamente, la maggiore capacità di adattarsi ai mutamenti impressi dal *climate change* a tali condizioni.

In sintesi la differenza *ante/post* intervento consegna una migliore situazione per tutti i parametri e per tutte le situazioni studiate. I parametri esaminati, grazie agli interventi effettuati rispetto alla situazione originaria, fanno registrare in tutti i casi gli effetti progettualmente desiderati: la ventilazione naturale aumenta in estate e diminuisce in inverno; la temperatura dell'aria e la temperatura media radiante diminuiscono in estate e aumentano in inverno; gli altri parametri in relazione a ciascuna zona si muovono in coerenza con l'obiettivo programmato di migliorare il comfort termo igrometrico degli spazi aperti.

Più in dettaglio si riporta separatamente la situazione registrata per i quattro casi di studio nei punti chiave i cui criteri di scelta sono stati illustrati in precedenza. Si può cogliere così tangibilmente l'incidenza degli interventi di tipo passivo e naturale ipotizzati nell'ambito di questa sperimentazione e si possono svolgere alcune valutazioni comparative che evidenziano l'efficacia delle soluzioni progettuali.

Sintesi dei risultati delle simulazioni sulla sperimentazione condotta nel progetto dimostratore del quartiere di Primavalle

I punti chiave sono così costituiti:

- Punto A, asse di attraversamento carrabile;
- Punto B, *boulevard* pedonale;
- Punto C, spazi intermedi agli insediamenti.

La temperatura dell'aria diminuisce in estate di 2,6°C (da 30,6°C a 28,0°C) e di 5°C (da 33,5°C a 28,5°C) come temperatura percepita in tutti i punti chiave prescelti - risultato particolarmente apprezzabile laddove la letteratura scientifica definisce ottimale/eccellente una perdita estiva difficilmente superiore a 2-3°C - e aumenta in inverno rispettivamente di 0,6°C, 0,4°C e 0,7°C sull'asse carrabile, nel *boulevard* e negli spazi interni agli edifici. Gli interventi adottati hanno consentito di ridurre la temperatura media radiante in estate di 19°C sull'asse carrabile, di 15°C nel *boulevard* e di 26°C negli spazi interni mentre è aumentata nei tre punti di 1,7°C in inverno.

La ventilazione naturale in estate passa da 4 a 4,8 m/s sull'asse carrabile, da 0,5 a 1 m/s nel *boulevard* e da 2,5 a 3,3 m/s negli spazi intermedi agli edifici. In inverno la riduzione è significativa: da 2 a 0,6 m/s sull'asse carrabile, da 2,5 a 1,5 m/s nel *boulevard* e da 1,5 a 0,5 m/s negli spazi interni agli edifici.

Correlativamente ai tre parametri di base esaminati, l'impiego degli indici di *comfort* PMV e PPD fornisce i più importanti riscontri della sperimentazione. Essi fanno registrare una valutazione *ex post* significativamente migliore di quella *ex ante*, sia in estate che in inverno. Il PMV mediamente scende di ben 2,1 punti in estate e sale di quasi 1 punto in inverno, posizionando l'indice in tutti e tre i punti

sempre nella fascia di ottimalità della percezione del *comfort* tra -1,5 e +1,5, mentre la percentuale degli utenti-tipo classificati come “insoddisfatti” (PPD) scende in media da 83 a 42% in estate e da 46 a 31% in inverno; risultati, questi ultimi, che nel caso della presente sperimentazione traducono il netto miglioramento del grado di “soddisfazione attesa” dei fruitori e del “*predicted mean vote*” nel migliore riconoscimento della piena appropriatezza ed efficacia delle scelte tecnologico-progettuali.

Sintesi dei risultati delle simulazioni sulla sperimentazione condotta nel progetto dimostratore del quartiere di Torrevecchia

I punti chiave sono così costituiti:

- Punto A, area a verde fra gli edifici nella zona Ovest;
- Punto B, area a verde con campi sportivi fra gli edifici nella zona Est;
- Punto C, area a parcheggi a Nord-Ovest ;
- Punto D, asse pedonale di collegamento fra la piazza e via di Torrevecchia

In estate la temperatura media dei punti esaminati passa da 33,8 a 32,2°C, che in termini di temperatura percepita corrisponde a un taglio di 3,9°C (da 39,5°C a 35,6°C) mentre per quanto la temperatura radiante si passa da valori maggiori di 70°C a valori inferiori a 40°C con un range minimo di 25°C. In inverno la temperatura dell'aria passa da 4°C a 5°C nel punto C e da 6°C a 7°C nel punto D, mentre i punti A e B che rappresentano le zone più fredde fanno registrare rispettivamente un aumento di 2 e 3 gradi, la temperatura media radiante aumenta nei quattro punti di 1,9°C.

L'azione esercitata dal vento in estate è significativamente diversa nei punti campionati, nello stato di fatto si passa dai 3,5 m/s del punto A, che rappresenta la zona più esposta ai venti estivi provenienti da Sud-Ovest, a 0,5 m/s lungo l'asse pedonale (punto D), mentre si collocano in posizioni intermedie i punti B e C, rispettivamente con 1,5 e 1,0 m/s. In virtù dell'intervento tutti i punti beneficiano di un aumento passando il punto A a 4 m/s, il punto B e il punto C a 2,5 m/s e il punto D a 1,5 m/s. In inverno la ventosità è più omogenea fra le diverse zone e in ogni caso l'intervento ne adolcisce l'azione: il punto A passa da 2,5 a 1,5 m/s, il punto B da 2 a 1,5 m/s, il punto C da 2 a 1,0 m/s e il punto D da 1,0 a 0,5.

Ai dati climatici fanno riscontro gli indici di benessere psicofisico dell'individuo rispetto all'ambiente, PMV e PPD. Il PMV guadagna posizioni sia in estate (meno 1,7 punti) sia in inverno (più 0,5 punti) posizionandosi nelle quattro aree di rilevazione all'interno della fascia di percezione del comfort consigliata, mentre il PPD che indica la percentuale degli utenti insoddisfatti scende in media da 87 a 44 % in estate e da 39 a 24% in inverno. Questi indici di benessere termo-igrometrico confermano la rispondenza delle soluzioni tecnico-progettuali agli obiettivi prefissati di rigenerazione degli spazi pubblici per una valorizzazione dell'area oggetto di analisi orientata al miglioramento della qualità ambientale ed ecosistemica.

Sintesi dei risultati delle simulazioni sulla sperimentazione condotta nel progetto dimostratore del quartiere di Quartaccio

I punti chiave sono così costituiti:

- Punto A, piazzale ingresso Sud;
- Punto B, viale pedonale situato nell'asse centrale;
- Punto C, piazzale ingresso Nord ;
- Punto D, baricentro via Andersen.

event of intense rains, the Piazzas will also become collection basins for the water which will be stocked in tanks and used to irrigate the green areas.

The green spaces contribute towards removing the pollutants present in the area and towards adaptation to heat island and heat wave phenomena, ensuring natural cooling via evapotranspiration and improving resilience. Particularly strategic is their interaction with natural ventilation, appropriately designed by differentiating its introduction into the various points of the neighbourhood, favoured in the summer and attenuated/screened in the winter by the new morphological arrangement configured with the insertion of new trees (Tucci, 2012). Equally strategic is the relationship with solar radiation, through the use - directed and verified in their contributions by means of simulations - of evergreen and deciduous species according to the assessment of the opportunities to create contextual conditions able to privilege shielding from solar sunlight, or the thermal action of radiation during the winter.

The requalification of the exterior spaces through the use of vegetation (Akbari, 2009), of permeable and cool pavements (Chatzidimitriou & Yannas, 2015) and of street furniture with a view to bioclimate (Erell, et al., 2011), and the functionalization of areas for recreation and free time with a green footprint (Makropoulou & Gospodini, 2016) do not respond only to the needs for an overall improvement of bioclimatic behaviour (Nikolopoulou, 2004) with a positive impact on quality and environmental well-being (Santamouris & Kolokotsa, 2016). They also offer a response to the strategic axis that aims to elevate these spaces' degree of usability and to favour aggregation and social resilience (Zolli & Healy, 2015), while paying attention to the various user segments that, after decades of life in decay, require attention and special care.

As regards the choice of materials and the chromatic definitions in the public outdoor spaces, on the buildings' façades and their roofs, natural ones were privileged, belonging to the categories of cool pavers and cool materials, in such a way as to increase the quantity of reflected energy to the detriment of that stored, and to obtain a lower surface temperature, thereby helping improve the climatic and environmental conditions. Cool pavements and roofs, green roofs and envelopes in light colours, at times also shielded with vegetation, are planned for the entire intervention area.

The retrofitting of buildings compensates a starting situation that from the standpoint of energy consumption requires significant and important interventions; a selection was thus made of passive technological devices integrable into the buildings' structural and envelope systems in such a way as to bring great benefits for a contained investment.

STATO DI FATTO

LEGENDA

SUOLI E SUPERFICI NATURALI

- Sterrato
- Brecciolino
- Prato
- Specchi d'acqua

SUOLI E SUPERFICI ARTIFICIALI

- Asfalto
- Cemento

VEGETAZIONE CONTINUA

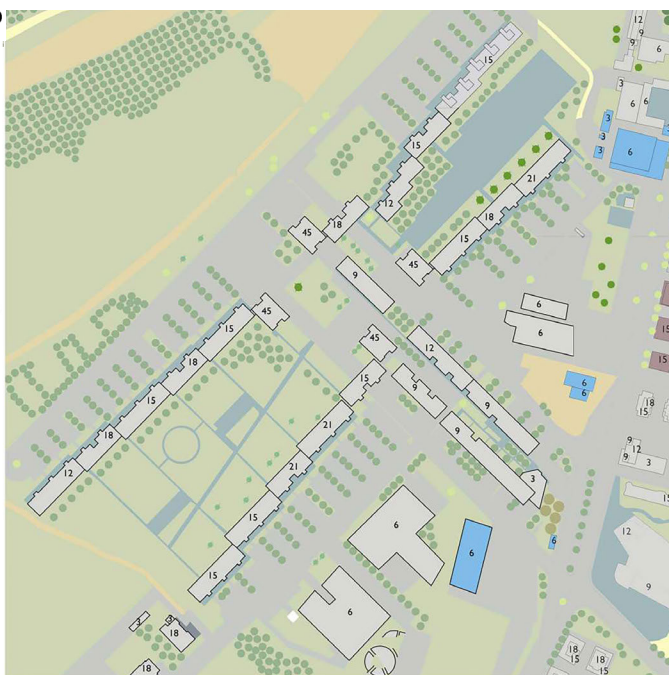
- Molto densa 10 m
- Molto densa 15 m
- Densa a chiome distinte 20 m
- Molto densa 20 m

VEGETAZIONE PUNTUALE

- Albero caducifoglie 5 m
- Albero caducifoglie 10 m
- Albero caducifoglie 20 m
- Albero sempreverde 10 m
- Albero sempreverde 20 m

COPERTURE

- Laterizio
- Cemento
- Metallo



PROGETTO

SUOLI E SUPERFICI NATURALI

- Sterrato
- Brecciolino
- Prato
- Specchi d'acqua

SUOLI E SUPERFICI ARTIFICIALI

- Asfalto
- Cemento
- Pavimentazione fredda
- Pavimentazione fredda mista a prato

VEGETAZIONE CONTINUA

- Molto densa 10 m
- Molto densa 15 m
- Densa a chiome distinte 20 m
- Molto densa 20 m

VEGETAZIONE PUNTUALE

- Albero caducifoglie 5 m
- Albero caducifoglie 10 m
- Albero caducifoglie 20 m
- Albero sempreverde 10 m
- Albero sempreverde 20 m

COPERTURE

- Laterizio
- Cemento
- Lastricato
- Metallo
- Tetto verde



Fig. 42-43 - Planimetria dell'area di intervento di Torrevecchia con le trasformazioni del trattamento materico delle superfici ante operam e post operam / Planimetry of the intervention area of Torrevecchia with the transformations of the material treatment of the surfaces ante operam and post operam (Source: Elaboration by RU Sapienza Università di Roma).

3.4.2 Performance results of the experimentation

The methodological application of the approach and of the lines of strategy defined by the experimentation makes it possible - after the modelling and simulation process carried out comparatively on the ante and post operam conditions and in light of all the previous passages - to assess the impacts and effects of the design choices in terms of bioclimatic-environment performance with particular reference to fluid-dynamic and thermal microclimatic aspects, and with the explicit objective being the overall improvement of the conditions of environmental comfort and, indirectly, the greater capacity to adapt to the changes that climate change has brought to these conditions.

In brief, the ante/post intervention difference yields an improved situation for all the parameters and for all the situations studied. The examined parameters, thanks to the interventions carried out with respect to the original situation, in all cases show the effects desired in the design: natural ventilation increases in the summer and diminishes in the winter; air temperature and mean radiant temperature fall in the summer and rise in the winter; the other parameters in relation to each zone move consistently with the programmed objective of improving the thermo-hygrometric comfort of the open spaces.

In greater detail, the situation is reported for the four study cases in the key points whose selection criteria were illustrated earlier. Thus, the incidence of the passive and natural type interventions hypothesized in this experimentation may be grasped, and some comparative assessments highlighting the effectiveness of the design solutions may be made.

Overview of the results of the simulations on the experimentation conducted in the Primavalle neighbourhood demonstration project

The key points were:

- Point A, vehicular crossing access;
- Point B, pedestrian boulevard;
- Point C, the settlements- intermediate spaces.

During the summer, air temperature falls by 2.6°C (from 30.6°C to 28.0°C) and by 5°C (from 33.5°C to 28.5°C) as the temperature declines in all the selected key points - a result particularly appreciated where the scientific literature defines as optimal/excellent a summer loss that struggles to exceed 2-3°C - and increases in the winter by 0.6°C, 0.4°C, and 0.7°C on the road axis, on the boulevard, and in the buildings' internal spaces respectively. The adopted interventions made it possible to reduce the mean radiant temperature in the summer by 19°C on the road axis, 15°C on the boulevard, and 26°C in the internal spaces, while it rose in the three points by 1.7°C in the winter.

During the summer, natural ventilation grows from 4 to 4.8

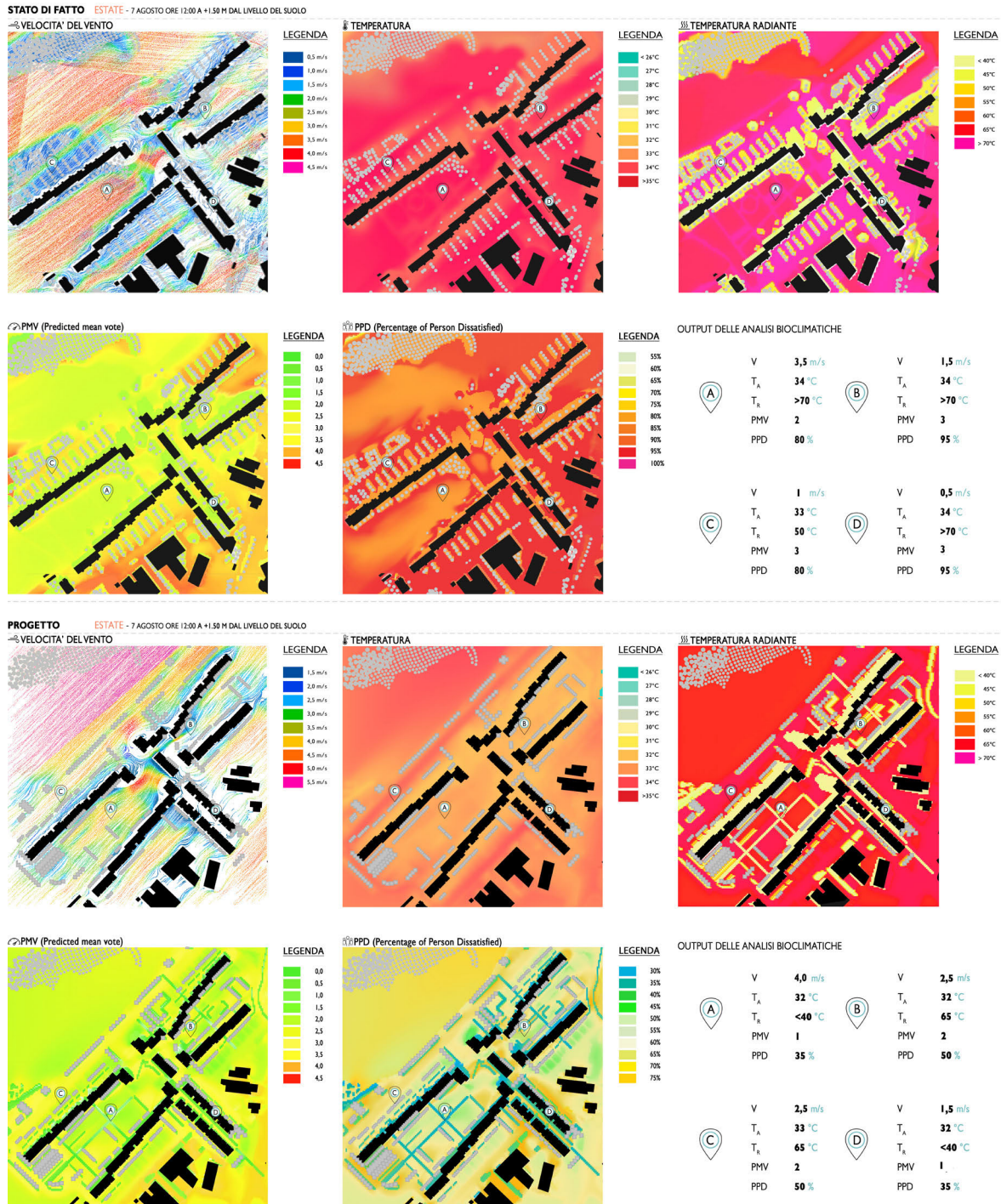


Fig. 44 - Schemi *concept* di progetto e simulazione dei comportamenti termo e fluidodinamici nei valori estremi d'estate nello stato di *ante operam* e *post operam* / Design and simulation of thermal and fluid-dynamic behaviors in summer extreme values in the *ante operam* and *post operam* state (Source: Elaboration by Research Unit Sapienza Università di Roma).

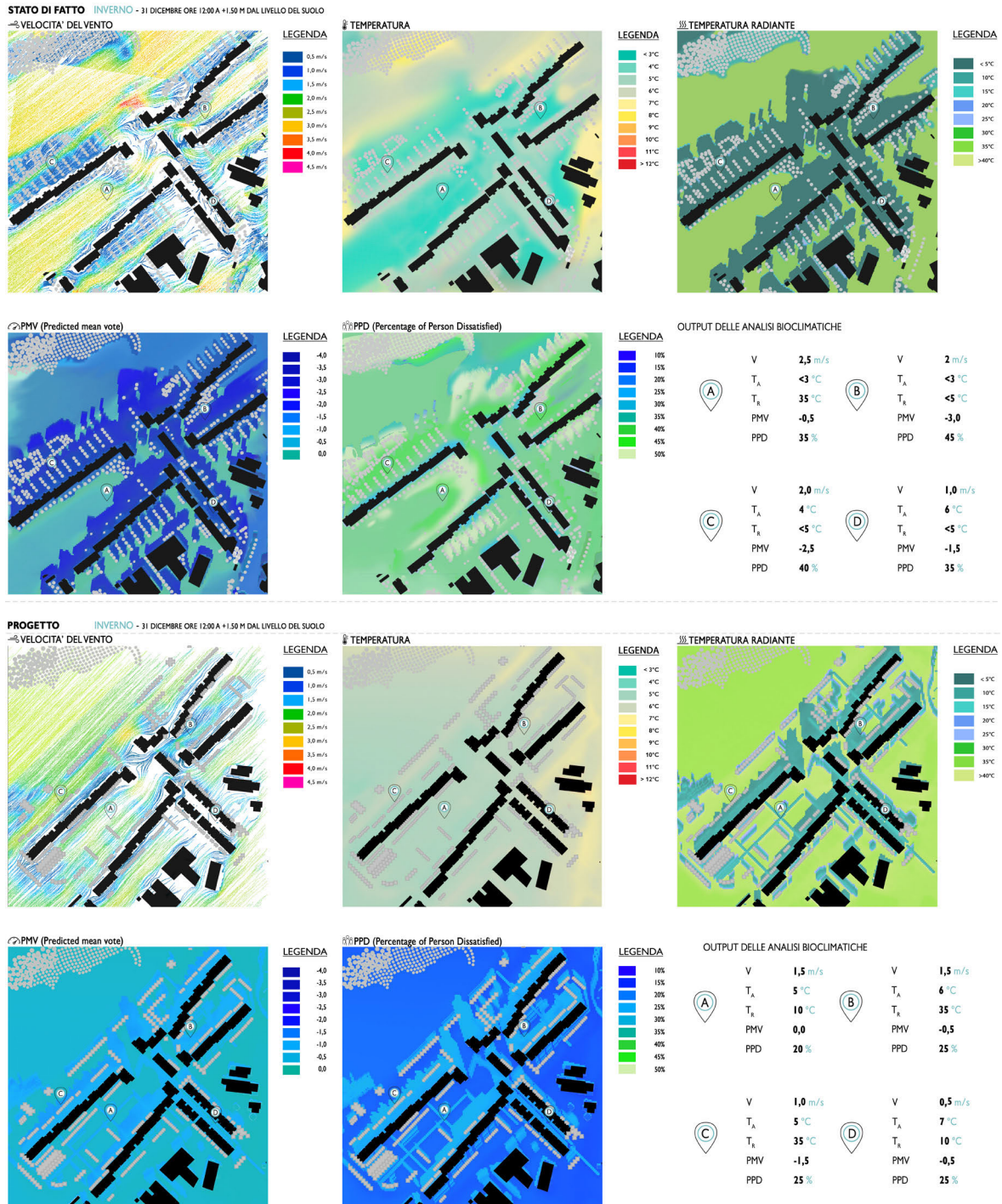


Fig. 45 - Schemi *concept* di progetto e emulazione dei comportamenti termo e fluidodinamici nei valori estremi d'inverno, nello stato di *ante operam* e *post operam* / *Concept design schemes and emulation of thermal and fluid dynamic behaviors in extreme winter values, in ante operam and post operam state* (Source: Elaboration by Research Unit Sapienza Università di Roma).

m/s on the road axis, from 0.5 to 1 m/s on the boulevard, and from 2.5 to 3.3 m/s in the buildings' intermediate spaces. During the winter, the reduction is significant: from 2 to 0.6 m/s on the road axis, from 2.5 to 1.5 m/s on the boulevard, and from 1.5 to 0.5 m/s in the buildings' intermediate spaces.

In correlation with the three basic parameters examined, the employment of the PMV and PPD comfort indices yields the most important experimentation responses. These indices record an ex post assessment significantly better than the ex ante one, in both summer and winter. The PMV falls on average by no less than 2.1 points in the summer and rises by nearly 1 point in the winter, thus placing the index - in all three points - at all times in the segment of optimal comfort perception, between -1.5 and +1.5, while the percentage of typical users classified as "dissatisfied" (PPD) falls on average from 83% to 42% in the summer and from 46% to 31% in the winter; in the case of this experimentation, these last results translate the net improvement of the degree of the users' "expected satisfaction" and of the "predicted mean vote" into better recognition of the full appropriateness and effectiveness of the design and technological choices.

Overview of the results of the simulations on the experimentation conducted in the Torvecchia neighbourhood demonstration project

The key points were:

- Point A, green area between the buildings in the West zone;
- Point B, green area with sports fields between the buildings in the East zone;
- Point C, car park area in the Northwest;
- Point D, pedestrian access providing connection between the piazza and Via di Torvecchia

During the summer, the average temperature of the examined points falls from 33.8 to 32.2 °C, which in terms of perceived temperature corresponds to a 3.9°C drop (from 39.5°C to 35.6°C), while the radiant temperature falls from values upwards of 70°C to values below 40°C, with a minimum range of 25°C. In the winter, the air temperature rises from 4°C to 5°C in point C and from 6°C to 7°C in point D, while points A and B, which represent the coolest zones, show increases of 2 and 3 degrees respectively; the average radiant temperature increases by 1.9°C in the four points.

The action exerted by the wind in the summer is significantly different in the sampled points; in the current state it ranges from 3.5 m/s in point A, which represents the zone most exposed to the summer winds from the Southwest, to 0.5 m/s along the pedestrian axis (point D), while points B and C, with 1.5 and 1.0 m/s respectively, are in intermediate positions. By virtue of

STATO DI FATTO

LEGENDA

SUOLI E SUPERFICI NATURALI

- Sterrato
- Brecciolino
- Prato
- Specchi d'acqua

SUOLI E SUPERFICI ARTIFICIALI

- Asfalto
- Cemento

VEGETAZIONE CONTINUA

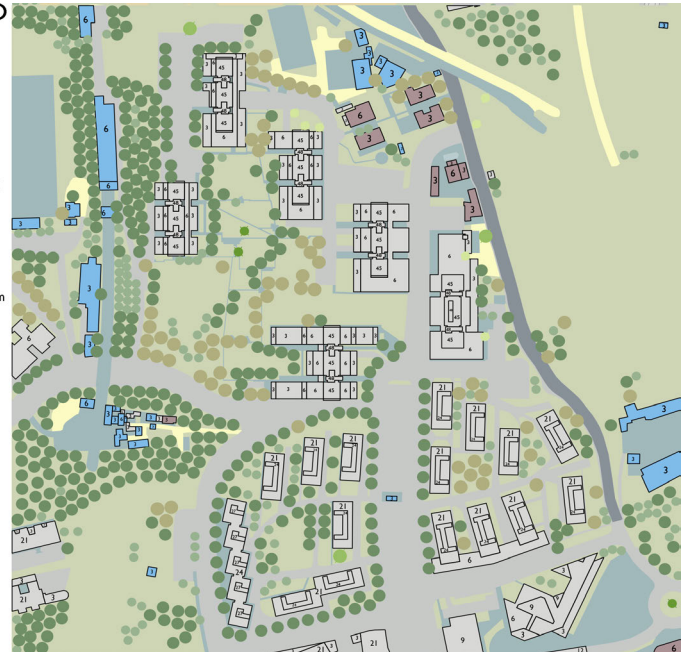
- Molto densa 10 m
- Molto densa 15 m
- Densa a chiome distinte 20 m
- Molto densa 20 m

VEGETAZIONE PUNTUALE

- Albero caducifoglie 5 m
- Albero caducifoglie 10 m
- Albero caducifoglie 20 m
- Albero sempreverde 10 m
- Albero sempreverde 20 m

COPERTURE

- Laterizio
- Cemento
- Metallo



PROGETTO

LEGENDA

SUOLI E SUPERFICI NATURALI

- Sterrato
- Brecciolino
- Prato
- Specchi d'acqua

SUOLI E SUPERFICI ARTIFICIALI

- Asfalto
- Cemento
- Pavimentazione fredda
- Pavimentazione fredda mista a prato

VEGETAZIONE CONTINUA

- Molto densa 10 m
- Molto densa 15 m
- Densa a chiome distinte 20 m
- Molto densa 20 m

VEGETAZIONE PUNTUALE

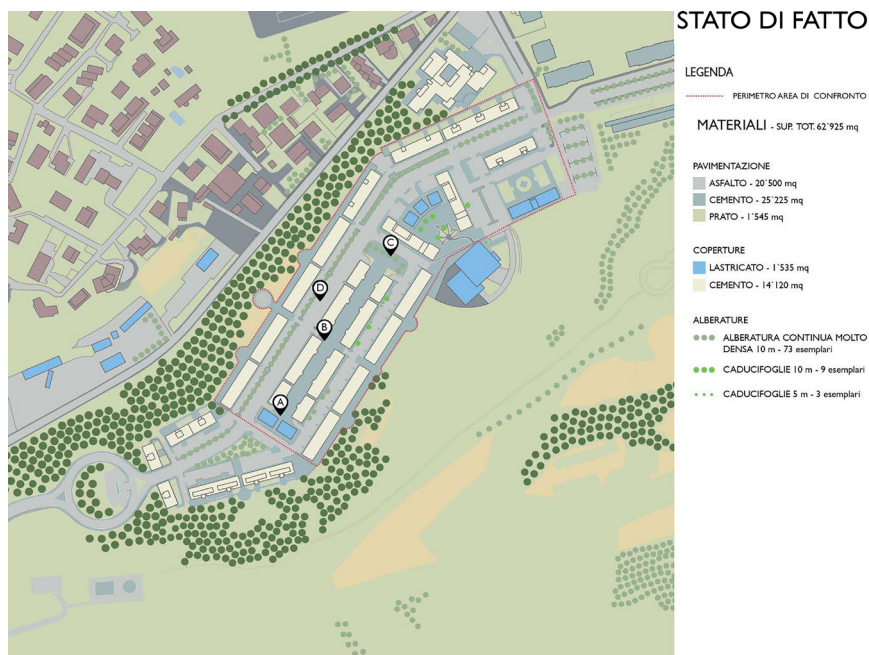
- Albero caducifoglie 5 m
- Albero caducifoglie 10 m
- Albero caducifoglie 20 m
- Albero sempreverde 10 m
- Albero sempreverde 20 m

COPERTURE

- Laterizio
- Cemento
- Lastricato
- Metallo
- Tetto verde



Fig. 46-47 - Planimetria dell'area di intervento di Pineto-Valle Aurelia con indicazione delle trasformazioni del trattamento materico delle superfici ante operam (in alto) e post operam (in basso) / Planimetry of the intervention area of Pineto-Valle Aurelia with indication of the transformations of the material treatment of the surfaces ante operam (top) and post operam (below) (Source: Elaboration by Research Unit Sapienza Università di Roma).



STATO DI FATTO

LEGENDA

PERIMETRO AREA DI CONFRONTO

MATERIALI - SURF. TOT. 62'925 mq

PAVIMENTAZIONE

ASFALTO - 20'500 mq

CEMENTO - 25'225 mq

PRATO - 1'545 mq

COPERTURE

LASTRICATO - 1'535 mq

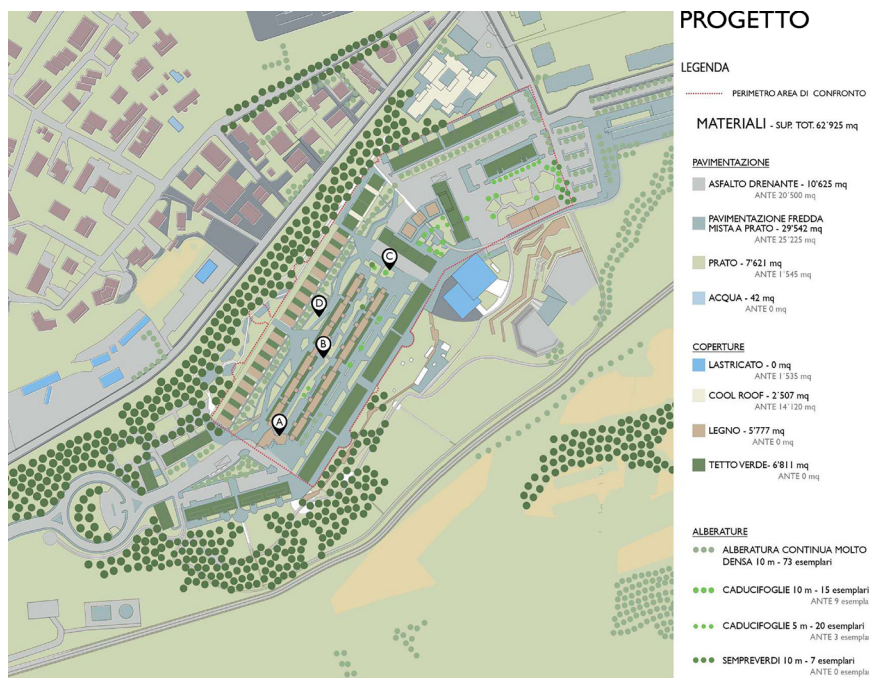
CEMENTO - 14'120 mq

ALBERATURE

ALBERATURA CONTINUA MOLTO DENSA 10 m - 73 esemplari

CADUCIFOGLIE 10 m - 9 esemplari

CADUCIFOGLIE 5 m - 3 esemplari



PROGETTO

LEGENDA

PERIMETRO AREA DI CONFRONTO

MATERIALI - SURF. TOT. 62'925 mq

PAVIMENTAZIONE

ASFALTO DRENANTE - 10'625 mq

PAVIMENTAZIONE FREDDA MISTA A PRATO - 29'542 mq ANTE 25'225 mq

PRATO - 7'621 mq ANTE 1'545 mq

ACQUA - 42 mq ANTE 0 mq

COPERTURE

LASTRICATO - 0 mq ANTE 1'535 mq

COOL ROOF - 2'507 mq ANTE 14'120 mq

LEGNO - 5'777 mq ANTE 0 mq

TETTO VERDE - 6'811 mq ANTE 0 mq

ALBERATURE

ALBERATURA CONTINUA MOLTO DENSA 10 m - 73 esemplari ANTE 73 esemplari

CADUCIFOGLIE 10 m - 15 esemplari ANTE 9 esemplari

CADUCIFOGLIE 5 m - 20 esemplari ANTE 3 esemplari

SEMPREVERDI 10 m - 7 esemplari ANTE 0 esemplari

Fig. 48-49 - Planimetria dell'area di intervento di Torvecchia con indicazione delle trasformazioni del trattamento materico delle superfici *ante operam* (in alto) e *post operam* (in basso) / Planimetry of the area of intervention of Torvecchia with indication of the transformations of the material treatment of the surfaces *ante operam* (top) and *post operam* (below) (Source: Elaboration by Research Unit Sapienza Università di Roma).

the intervention, all the points benefit from an increase, with point A increasing to 4 m/s, point B and point C to 2.5 m/s, and point D to 1.5 m/s. In the winter, windiness is more homogeneous among the various zones, and in any event the intervention softens its action: point A falls from 2.5 to a 1.5 m/s, point B from 2 to 1.5 m/s, point C from 2 to 1.0 m/s, and point D from 1.0 to 0.5.

The climate data find correspondence in the PMV and PPD indices. The PMV gains positions both during the summer (minus 1.7 points) and in the summer (plus 0.5 points) positioning itself in the four measurement areas within the segment of recommended comfort perception, while the PPD indicating the percentage of dissatisfied users falls on average from 87 to 44 % in the summer and from 39 to 24% in the winter. These indices of thermo-hygrometric well-being confirm how the technical/design solutions respond to the pre-established objectives of regeneration of public spaces, for a valorization of the area being analyzed, oriented towards improving environmental and ecosystemic quality.

Overview of the results of the simulations on the experimentation conducted in the Quartaccio neighbourhood demonstration project

The key points were:

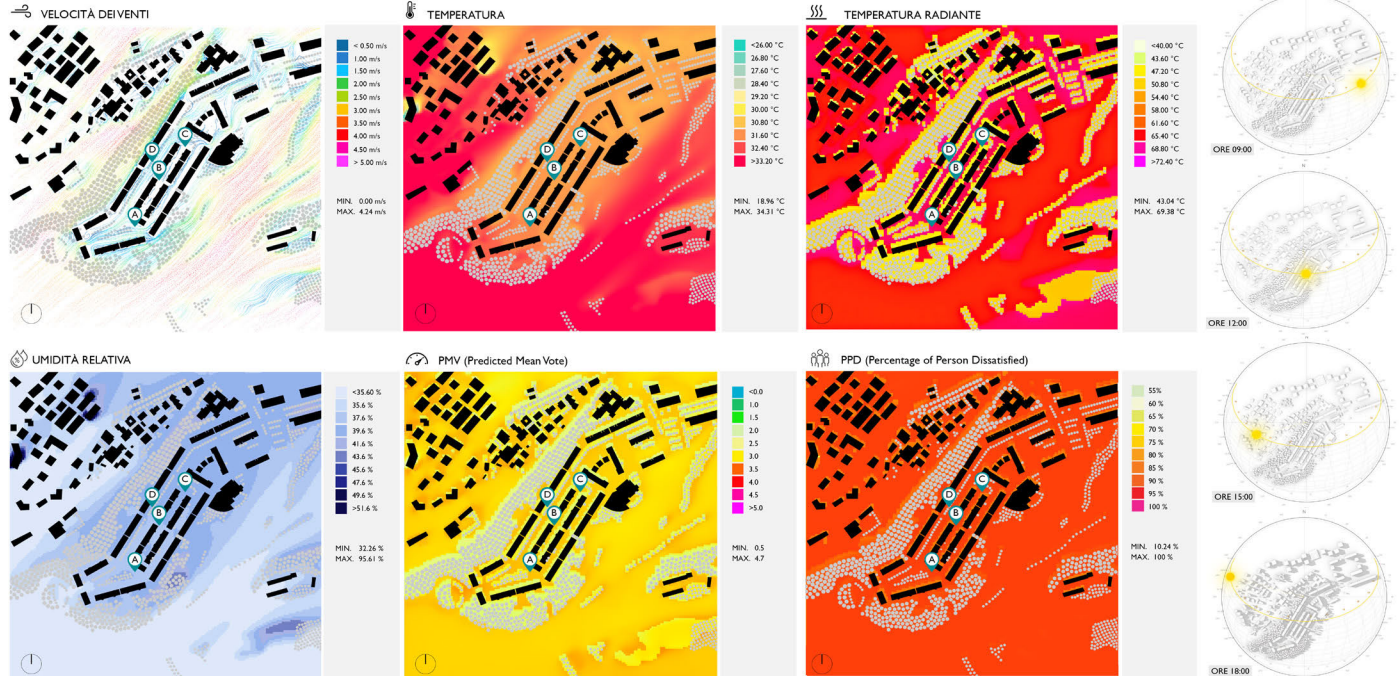
- Point A, Southern entry plaza;
- Point B, pedestrian avenue situated on the central axis;
- Point C, Northern entry plaza;
- Point D, Via Andersen barycentre.

The summer air temperature rises from 31.6° to 29.2° for points A, B and D, and to 28.4° for point C, with a gain of 3.8° as perceived temperature, from 34.8° to 31° in AB and D, and 5.4° in C (from 34.8° to 29.4°); during the winter, on the other hand, an increase is found of 1° for A, B and C and 2° for D. The radiant temperature in the summer is 68.8° for points A and B 50.8° for C and D; due to the effect of the intervention it becomes respectively 58° for A, 50.8° for B, 40° for C, and 43° for D; in the winter, the radiant temperature doubles from 5 to 10 for three points, and actually rises from 4 to 10.6 for point D.

As concerns windiness, the intervention was particularly effective, with a 1 m/s increase in the summer, and an average reduction of 0.8° m/s in the winter; therefore, the action on directing the air flows on one side and containing cold winds on the other yielded what was expected, thereby improving the situation.

The indices of psychophysical well-being, PMV and PPD, consequently record this positive variation: the PMV is in the segment of optimality, with an average loss of 2 points in the summer, and an advance of 1.3 points in the winter, while the

ANALISI DEL COMPORTAMENTO ESTIVO - STATO DI FATTO 7/08/2018 - h 12.00



ANALISI DEL COMPORTAMENTO ESTIVO - PROGETTO 7/08/2018 - h 12.00

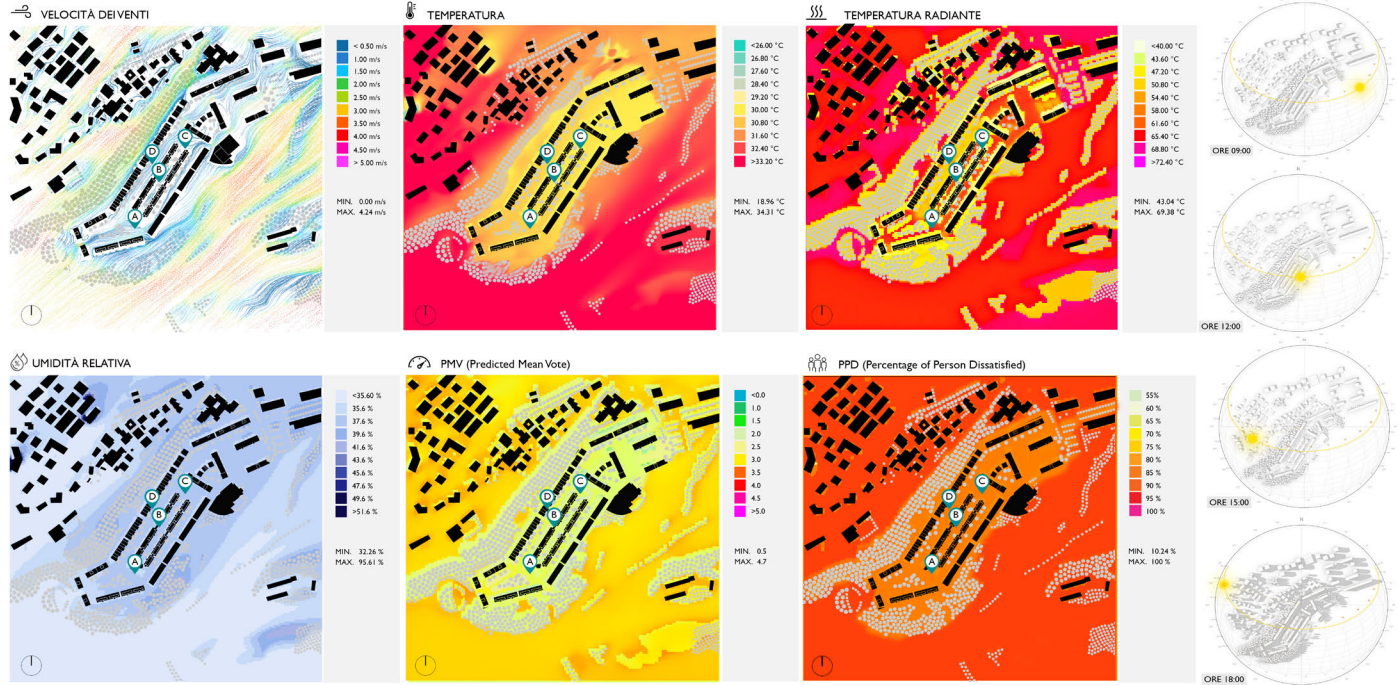
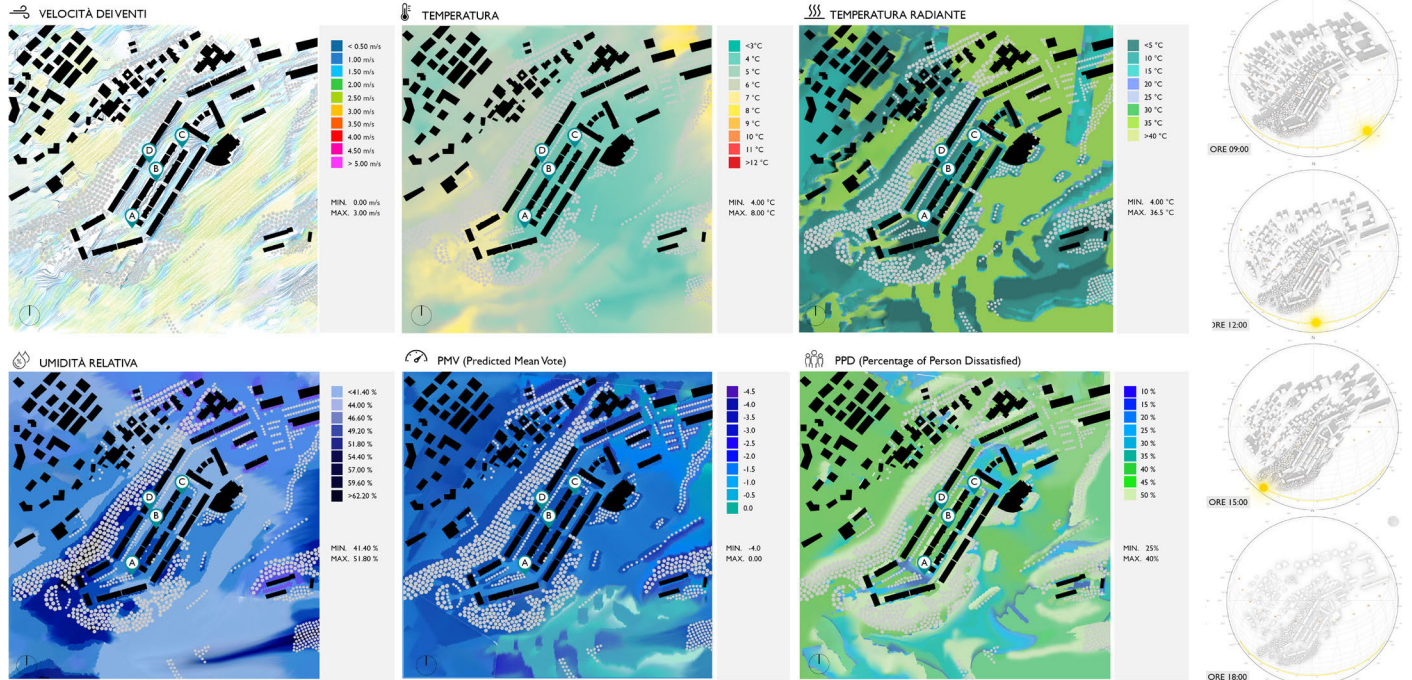


Fig. 50 - Simulazione dei comportamenti ambientali termo e fluidodinamici oltre che il soleggiamento nei valori estremi d'estate con confronto ante operam e post operam del quartiere di Quartaccio / Simulation of the thermal and fluid dynamic environmental behaviors as well as the sunshine in the extreme summer values with ante operam and post operam comparison of the Quartaccio district (Source: Elaboration by Research Unit Sapienza Università di Roma).

❄️ ANALISI DEL COMPORTAMENTO INVERNALE - STATO DI FATTO 31/12/2018 - h 12.00



❄️ ANALISI DEL COMPORTAMENTO INVERNALE - PROGETTO 31/12/2018 - h 12.00

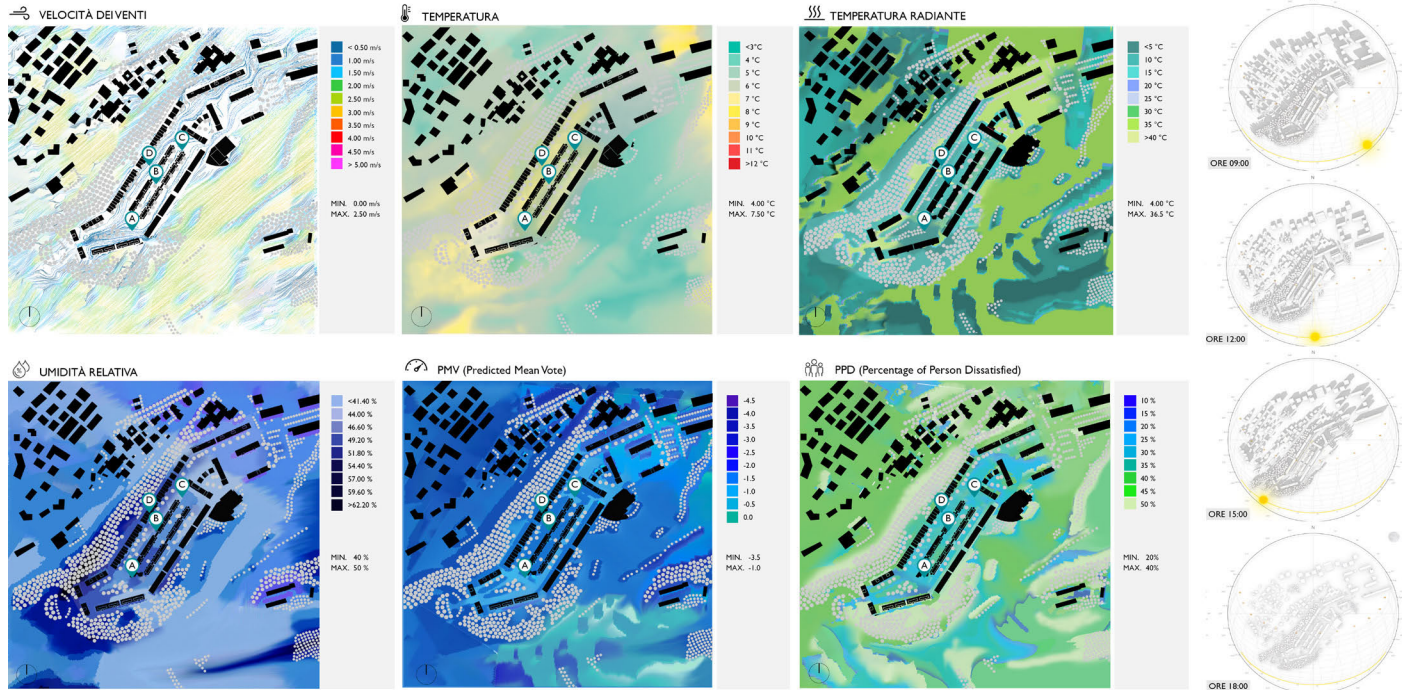
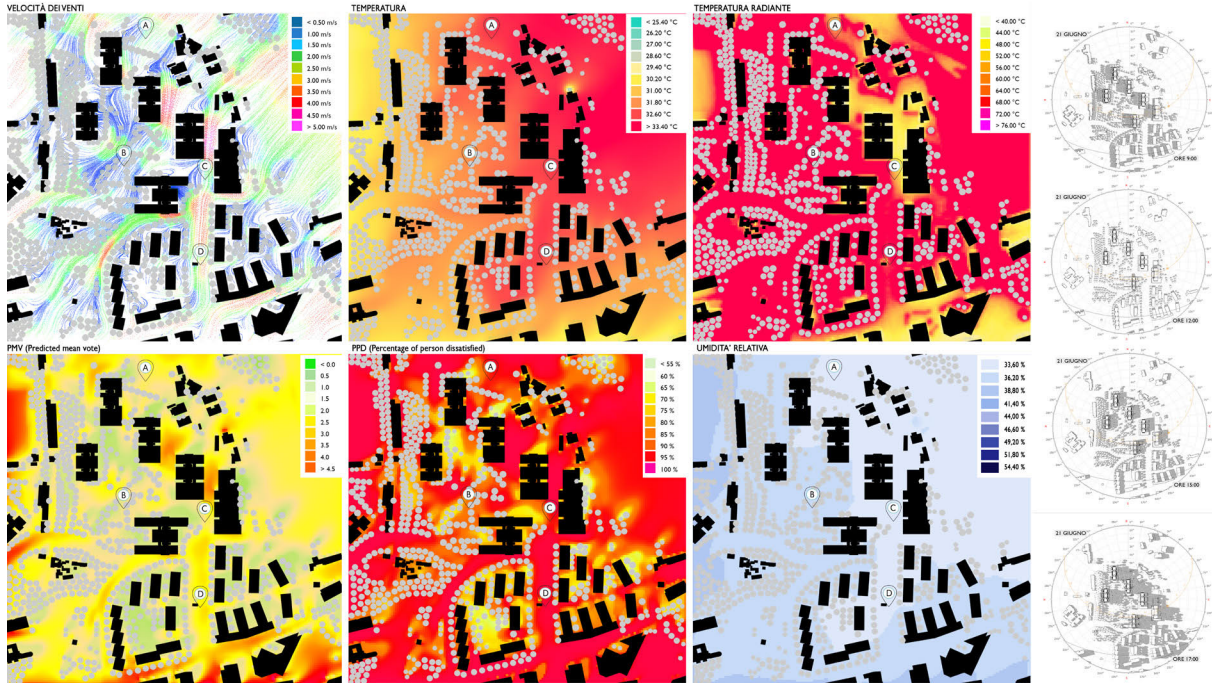


Fig. 51 - Simulazione dei comportamenti ambientali termo e fluidodinamici oltre che il soleggiamento nei valori estremi invernali con confronto *ante operam* e *post operam* del quartiere di Quartaccio / Simulation of the thermo and fluidodynamic environmental behaviors as well as the sunshine in the extreme winter values with *ante operam* and *post operam* comparison of the Quartaccio district (Source: Elaboration by Research Unit Sapienza Università di Roma).

ANALISI DEL COMPORTAMENTO ESTIVO - STATO DI FATTO 7/08/2018 - h 12:00



ANALISI DEL COMPORTAMENTO INVERNALE - STATO DI FATTO 31/12/2018 - h 12:00

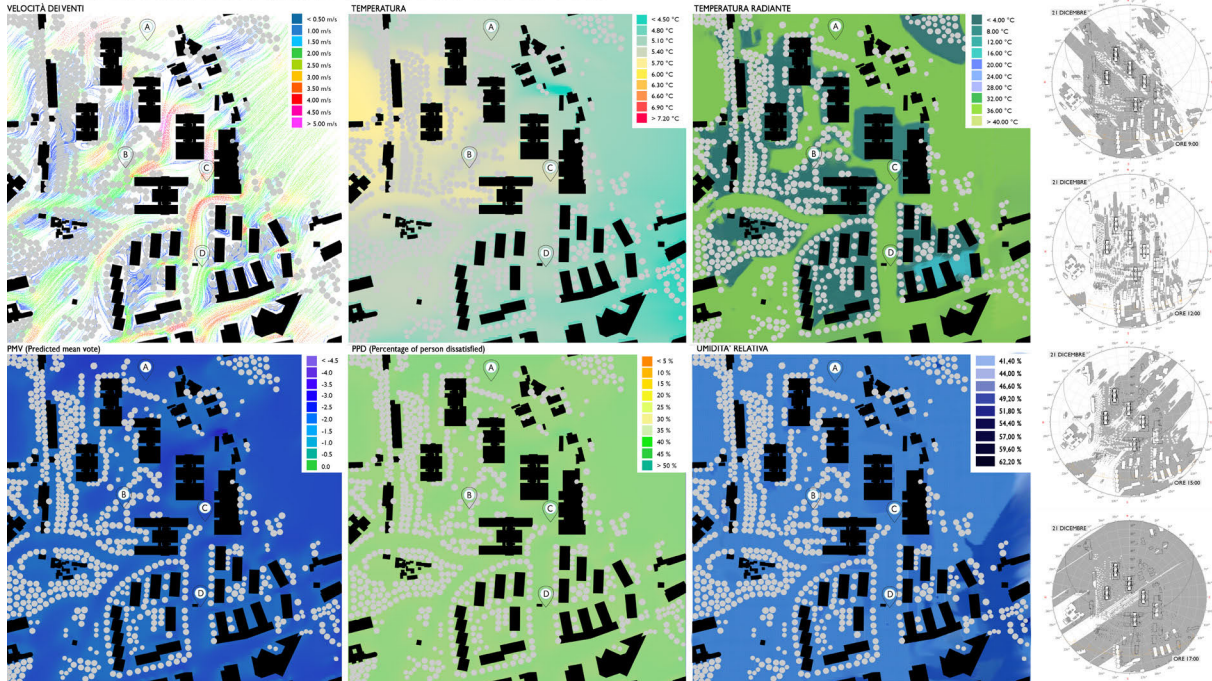


Fig. 52 - Simulazione dei comportamenti ambientali termo e fluidodinamici oltre che il soleggiamento nei valori estremi d'estate e d'inverno nello stato *ante operam* del quartiere di Pineto-Valle Aurelia / *Simulation of the environmental thermo and fluid dynamic behaviors as well as the sunshine in the extreme summer and winter values in the ante operam state of the Pineto-Valle Aurelia district* (Source: Elaboration by Research Unit Sapienza Università di Roma).

percentage or the dissatisfied, representing in some way the *litmus test* for the operation, falls from 90 to 38 in the summer, acquiring 52 points of satisfaction, and in the winter from 55 for A, B, and C to 25, and for D from 65 to 28, acquiring 30 and 37 respectively in the same points.

Overview of the results of the simulations on the experimentation conducted in the Pineto-Valle Aurelia neighbourhood demonstration project

The key points were:

- Point A, area of IACP complex's sports facilities;
- Point B, green area appurtenant to IACP buildings;
- Point C, intersection between Via di Valle Aurelia and Via Gennario Bezziccheri;
- Point D, Southern entry plaza of Pineto-Valle Aurelia.

The air temperature in the summer before the intervention is on average 32.4° in the measurement points, becoming 30.6° with the environmental retrofitting, while the perceived temperature diminishes from 37.1° to 32.8°; in the winter, the air temperature records a 1.1° increase, rising from 4.4° to 5.5°. The radiant temperature in the summer is 56° for A and C, 72° for B and 64° for D, and in the same points it becomes 34°, 54°, and 38° respectively; in the winter it rises from 35.5° to 39.5°.

The natural ventilation in the summer is 1 m/s in point B, 2 m/s in A, 2.5 m/s in C, and 3.5 m/s in D, and rises respectively to 1.9; 3.1; 3.6; and 4.3 while in the winter it falls by 1 m/s, thereby becoming 1.5 m/s in A, C, D, and 1 m/s in B.

The assessment of the starting PMV is 2.5 in A and B, and 3 in C and D, measuring 1 in A and B, 1.3 in C, and 1.2 in D in the summer, while in the winter, in all measurement points, it rises from -2 to -1, showing in both seasons an increased well-being confirmed by the PPD, which during the summer declines on average from 91 to 32 and the winter from 45 to 15.

Acknowledgements

The experimentation was carried out under the scientific responsibility and direction of Fabrizio Tucci, with the operational coordination of Valeria Cecafosso, and with the elaborations of the collaborators Violetta Tulelli and Michela Paglia for "Quartaccio", Margherita Fiorini for "Torvecchia", Giulia Sciarretti for "Primavalle", and Massimiliano Malatesta for "Pineto-Valle Aurelia".

La temperatura dell'aria in estate passa da 31,6°C a 29,2°C per i punti A, B e D e a 28,4°C per il punto C con un guadagno di 3,8°C come temperatura percepita, da 34,8°C a 31°C in AB e D e di 5,4°C in C (da 34,8°C a 29,4°C); in inverno invece si rileva un aumento di 1°C per A,B e C e di 2°C per D. La temperatura radiante in estate è di 68,8°C per i punti A e B e di 50,8°C per C e D, per effetto dell'intervento diventa rispettivamente di 58°C per A e di 50,8°C per B e di 40°C per C e 43°C per D; in inverno la temperatura radiante raddoppia da 5 a 10 per tre punti e addirittura per il punto D passa da 4 a 10,6.

Sul piano della ventosità l'intervento è risultato particolarmente efficace con l'aumento di 1 m/s in estate e la riduzione media di 0,8° m/s in inverno; pertanto, l'azione sull'indirizzamento dei flussi d'aria da in lato e di contenimento dei venti freddi dall'altro ha prodotto quanto ci si aspettava migliorando la situazione di *comfort*.

Gli indici di benessere psicofisico PMV e PPD registrano di conseguenza questa positiva variazione: il PMV si colloca nella fascia di ottimalità con una perdita media di 2 punti in estate e l'avanzamento di 1,3 punti in inverno mentre la percentuale degli insoddisfatti, che rappresenta in qualche modo la prova del nove dell'operazione, passa in estate da 90 a 38 acquisendo 52 punti di consenso e in inverno da 55 per A, B e C a 25 e per D da 65 a 28, acquisendone negli stessi punti rispettivamente 30 e 37.

Sintesi dei risultati delle simulazioni sulla sperimentazione condotta nel progetto dimostratore del quartiere di Pineto-Valle Aurelia

I punti chiave sono così costituiti:

- Punto A, area impianti sportivi complesso IACP;
- Punto B, area verde di pertinenza degli stabili IACP;
- Punto C, incrocio tra via di Valle Aurelia e via Gennario Bezziccheri;
- Punto D, piazzale ingresso Sud di Pineto-Valle Aurelia.

La temperatura dell'aria in estate prima dell'intervento è mediamente di 32,4°C nei punti di rilevazione e diventa di 30,6°C con il *retrofitting* ambientale, la temperatura percepita diminuisce da 37,1°C a 32,8°C; in inverno la temperatura dell'aria registra invece un aumento di 1,1°C passando da 4,4°C a 5,5°C. La temperatura radiante in estate è di 56°C per A e C, di 72°C per B e 64°C per D e negli stessi punti diventa rispettivamente di 34°C, 54°C e 38°C; in inverno passa da 35,5°C a 39,5°C. La ventilazione naturale in estate è di 1 m/s nel punto B, 2 m/s in A, 2,5 m/s in C e 3,5 m/s in D e si passa rispettivamente a 1,9; 3,1; 3,6; 4,3 mentre in inverno scende di 1 m/s per cui diventa 1,5 m/s in A, C, D e 1 m/s in B.

La valutazione del PMV in partenza è di 2,5 in A e B e 3 in C e D e si attesta a 1 in A e B, a 1,3 in C e a 1,2 in D in estate mentre in inverno in tutti i punti di rilevazione passa da -2 a -1, evidenziando in entrambe le stagioni un aumentato benessere che trova corrispondenza nel PPD che in estate passa mediamente da 91 a 32 e d'inverno da 45 a 15.

References

- Akbari, H. (2009), *Cooling our communities. A guidebook on tree planting and light-colored surfacing*, Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley.
- Antonini, E. & Tucci, F. (eds) (2017), *Architecture, City and Territory towards a Green Economy. Building a Manifesto of the Green Economy for the Architecture and the City of the Future*, Edizioni Ambiente, Milano.
- Bargmann, J. (2013), “Just Ground: A Social Infrastructure for Urban Landscape Regeneration”, in Pickett, S., Cadenasso, M., McGrath, B. (eds), *Resilience in Ecology and Urban Design. Future City*, vol. 3. Springer, Dordrecht.
- Battisti, A. & Santucci, D. (eds) (2020), *Activating Public Space. An Approach for Climate Change Mitigation*, Technische Universität München Verlag, Monaco di Baviera, pp. 77-95.
- Chatzidimitriou, A. & Yannas, S. (2015), “Microclimate development in open urban spaces: The influence of form and materials”, *Energy and Buildings*, vol. 108, pp. 156-174.
- CNGE Consiglio Nazionale della Green Economy (2017), *Programma di transizione alla Green Economy in Italia*, Stati Generali della Green Economy, Ministero dell’Ambiente, Ministero dello Sviluppo Economico, Ecomondo Pubblicazioni, Rimini.
- EC European Commission (2013), *An EU Strategy on adaptation to climate change*, EU Publishing, Brussels.
- EEA European Environment Agency (2016), *Urban Adaptation to Climate Change in Europe*, Publications Office of the European Union, Luxembourg-Copenhagen.
- EEA European Environment Agency (2017), *Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2016. An indicator-based report*, available at: <http://www.eea.europa.eu/publications/climate-change-impacts-and-vulnerability-2016>.
- Erell, E., Pearlmutter, D. & Williamson, T.J. (2011), *Urban microclimate: designing the spaces between buildings*, Earthscan, Washington.
- Fondazione per lo Sviluppo Sostenibile (2018), *Linee Guida per le Green City*, SUSDEF Pubblicazioni, Roma.
- Francese, D. & Passaro, A. (2017), *Costruire nell’area mediterranea*, Pasquale D’Arco Editore.
- GCN Green City Network & Tucci, F. (2019), *Adattamento ai cambiamenti climatici di Architetture e Città ‘Green’ per migliorare la resilienza dell’Ambiente Costruito. Minacce, vulnerabilità, rischi. Assi strategici, indirizzi, azioni d’intervento*, SUSDEF Pubblicazioni, Roma.
- GCN Green City Network & Tucci, F. (eds) (2018), *Le Città, laboratori della Green Economy. Prima raccolta di buone pratiche per le Green City*, Stati Generali della Green Economy, SUSDEF Pubblicazioni, Roma.
- Hausladen, G., Liedl, P. & De Saldanha, M. (2011), *Building to Suit the Climate*, Birkhauser Verlag, Basel, Munich.
- ILO International Labour Organisation (2016), *A just transition to climate-resilient economies and cities*, ILO Editions, Geneva.
- IPCC Intergovernmental Panel on Climate Change (2013), *Climate Change. The Physical Science Basis Summary for Policymakers, Technical Summary and Frequently Asked Questions*, Cambridge University Press, Massachusetts.
- Keskitalo, E.C.H. (ed) (2010), *Developing adaptation policy and practice in Europe: multi-level governance of climate change*, Springer, Dordrecht, New York.
- Makropoulou, M. & Gospodini, A. (2016), “Urban Form and Microclimatic Conditions in Public Open Spaces”, *Journal of Sustainable Development*, 9 (1), p. 132.
- Nikolopoulou, M. (2004), “Designing open spaces in the urban environment: a bioclimatic approach”, in Nikolopoulou, M. (ed), *RUROS - Rediscovering the Urban Realm and Open Spaces*, Center for Renewable Energy Sources, Attiki.
- OECD (2016), *Green Cities Programme Methodology*, ICLEI Local Governments for Sustainability, European Bank for Reconstruction and Development, EBRD Publishing, London, Paris.
- Santamouris, M. & Kolokotsa, D. (eds) (2016), *Urban Climate Mitigation Techniques*, Routledge, London.
- Stati Generali della Green Economy (2017), *La Città Futura. Manifesto della Green Economy per l’architettura e l’urbanistica*, SUSDEF, Roma.
- Tucci, F. & Battisti, A. (2020), “Green Economy for Sustainable and Adaptive Architectures and Cities: Objectives, Guidelines, Measures, Actions”, in SBE Temuco (ed), *SBE: Urban Planning, Global Problems, Local Policies*, IOP Publishing, pp. 1-8.
- Tucci, F. & Cecafo, V. (2020), “Retrofitting dello spazio pubblico per la qualità ambientale ed ecosistemica di città più Green / Retrofitting public space for the environmental and ecosystem quality of ‘greener’ cities”, *Techn. Journal of Technology for Architecture and Environment*, vol. 19, pp. 256-270.
- Tucci, F. & Sposito, C. (eds) (2020), *Resilience between Mitigation and Adaptation*, Palermo University Press, Palermo.
- 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, 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.
- UN Habitat (2011), *Saving Cities: Adaptation as part of Development*, United Nations Human Settlements Programme Publishing.

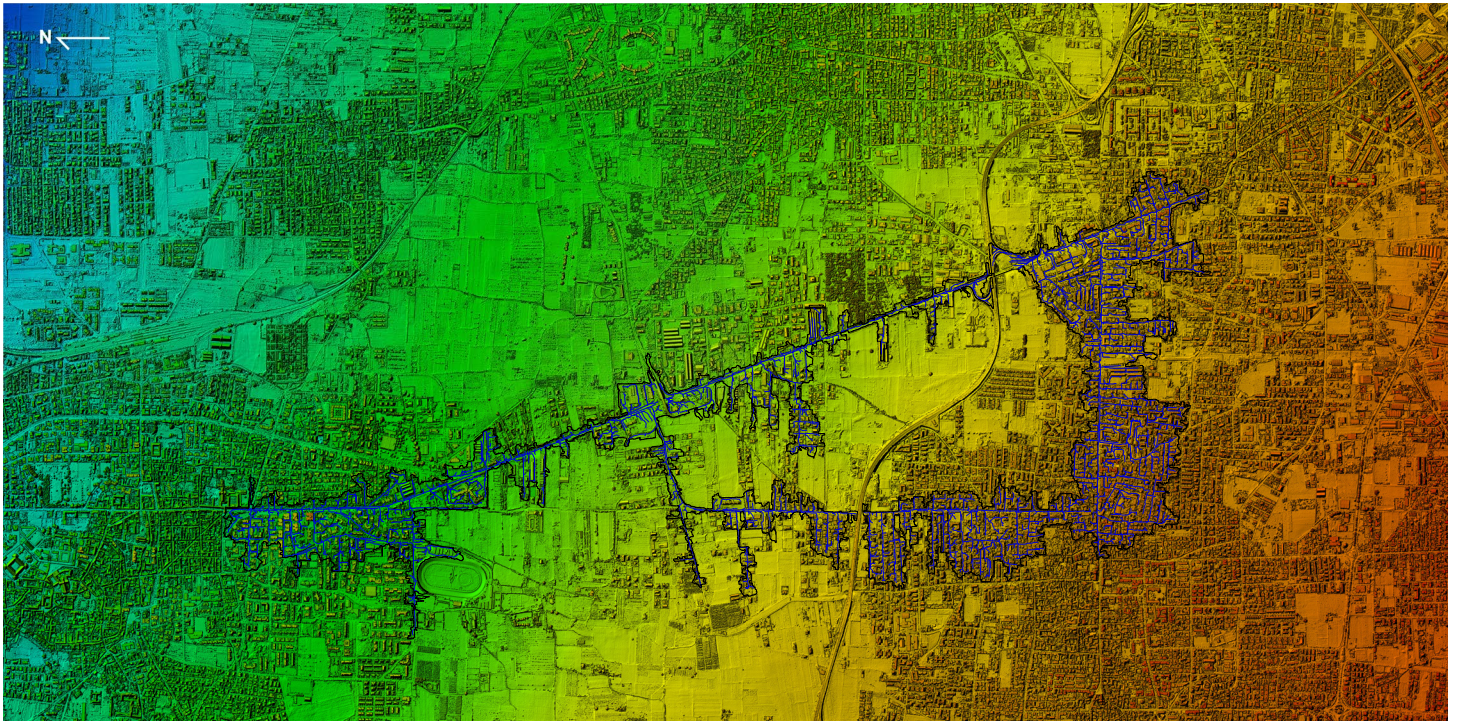


Fig. 1 - Elaborazione GIS di dati LIDAR dell'area vasta in esame: sottobacino relativo al tratto considerato / GIS processing of LIDAR data of the vast examined area: sub-basin of the considered area.

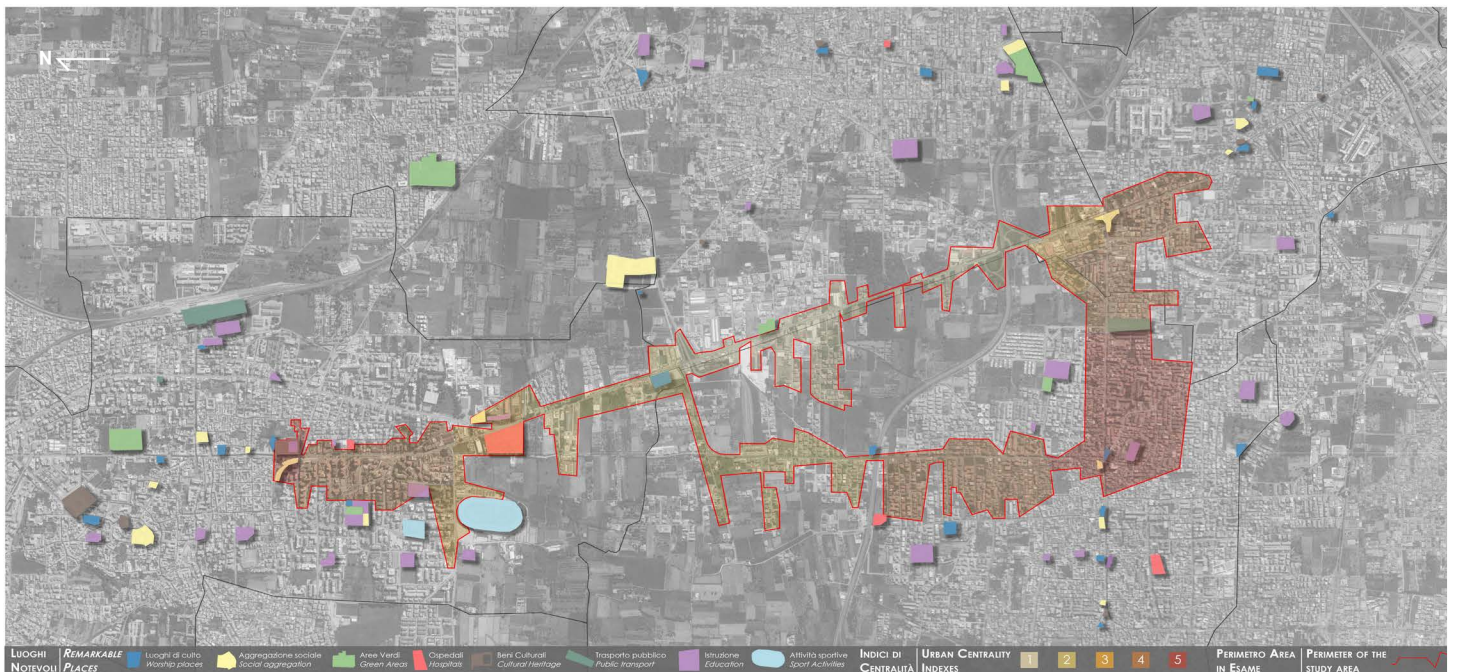


Fig. 2 - Overlay di letture tematiche dell'area in esame / Thematic readings overlay for the study area.

4. Green street framework per aree urbane marginali mediterranee

Green Street Framework for Mediterranean Urban Fringe Areas

Renata Valente, Louise A. Mazingo, Salvatore Cozzolino, Carolina De Falco, Armando Di Nardo, Michele Di Natale, Carlo Donadio, Francesca La Rocca, Mariano Perneti, Sandro Strumia, Daniela Ruberti, Marco Vigliotti, Roberto Bosco, Eduardo Cappelli, Pietro Ferrara, Giuseppe Moccia
Research Unit dell'Università degli Studi della Campania Luigi Vanvitelli

4.1 RESEARCH THROUGH “TELESCOPIC” DESIGN

La complessità del paesaggio mediterraneo insediato richiede un progetto di riqualificazione ambientale basato su di un approccio interdisciplinare che consideri l'integrazione diacronica e sincronica dei diversi aspetti costitutivi. Nell'ambito del lavoro di ricerca la *Research Unit* ha ripensato un tratto della Strada Statale 7bis, sperimentando una *research through design*. La scelta induttiva del caso di studio riscontra un'esigenza dell'area in cui si trova la sede universitaria e la necessità di un contributo scientifico da parte dell'Accademia al difficile territorio ospitante, per contrastare una piaga ambientale locale interconnessa a fenomeni di degrado urbano. La zona è soggetta, infatti, ad allagamenti con cadenza media biennale ed esiti feroci, evidenziando la necessità della lettura di processi evolutivi e fenomeni tipici, per un progetto che riduca i rischi e potenzi i benefici diretti e indiretti. Pertanto, si è studiata una rete di *green street*, spazi di connessione che, attraverso dispositivi di *Green Stormwater Infrastructures* (GSI) - anche definite *Best Management Practice* (BMP) o *Stormwater Control Measures* (SMC) - per la gestione sostenibile delle acque meteoriche, riducano l'impermeabilizzazione nel territorio urbano evitando gli ingenti danni da allagamento e i costi di manutenzione dei sottoservizi, migliorando la qualità dello spazio aperto, delle acque reflue e dell'aria, ricaricando le falde, contrastando i regimi di alte temperature, diminuendo gli effetti di isola di calore urbano e le quantità di CO₂, anche aumentando il valore delle proprietà vicine. L'approccio complesso della progettazione ambientale integra ingegneria idraulica, botanica, geologia, geomorfologia, meteorologia, *civil design*, storia dell'architettura, per comprendere tendenze naturali e trasformazioni antropiche sul territorio, scegliendo soluzioni tecniche nella consapevolezza dei fenomeni attuali e potenziali, delle tradizioni e delle vocazioni dei luoghi, tentando un lavoro transdisciplinare sui confini.

L'esperimento metodologico studia la possibilità di importare in Italia Meridionale le buone pratiche nordamericane sul tema (Valente, 2017), applicandole a un territorio molto più denso di storia e testando un processo replicabile in analoghi contesti. L'area di studio è ubicata a nord di Napoli, in prossimità degli assi principali dei Comuni di Melito (NA), Sant'Antimo (NA), Giugliano in Campania (NA) e Aversa (CE). La zona è stata storicamente interessata da pericolosi eventi di esondazione, essendo compresa nella pianura alluvionale del Clanio, fiume regimato dal XVI secolo. Lo sviluppo urbano incontrollato ha determinato enorme consumo di suolo e impermeabilizzazione dei terreni, non rispettando il principio di invarianza idraulica, per cui la portata al colmo di piena risultante dal drenaggio di un'area deve essere costante prima e dopo la trasformazione. Inoltre, l'assenza

4.1 RESEARCH THROUGH “TELESCOPIC” DESIGN

The complexity of the Mediterranean landscape requires environmental redevelopment projects based on interdisciplinary research methods that consider the integration of diverse, evolving constituent aspects. To interrogate this investigative approach, the Research Unit considered a section of the State Road 7bis, an experiment in research through design. The case study addresses urgent needs in the area where the university is situated, fulfilling the academic obligation to produce scientific contributions that counter local environmental blight and urban degradation.

The area is subject to destructive flooding with a two-year average frequency, demanding a project that reduces risks and enhances benefits. Therefore, the research studied a network of streets, including adjacent open spaces, enhanced with Green Stormwater Infrastructure (GSI) devices for sustainable rainwater management, reducing impermeable surfaces avoiding flood damage and sewer costs, improving open space, wastewater and air quality, recharging aquifers, counteracting high temperature regimes, decreasing the effects of urban heat island and CO₂ emissions, and even increasing the value of nearby properties. This complex environmental design approach integrates hydraulics, botany, geology, geomorphology, climatology, civil engineering, and history of architecture to understand ecological trends and anthropic transformations, choosing technical solutions with the awareness of local conditions, traditions, and place making.

The methodological experiment studies the opportunity to import to Southern Italy North American best practices (Valente, 2017), applying them to a territory of dense history and testing a process replicable in similar contexts. The study area is in the North of Naples, near the main axes of the municipalities of Melito (NA), Sant'Antimo (NA), Giugliano in Campania (NA) and Aversa (CE).

Historically, the area has been affected by dangerous flood events, being part of the alluvial plain of the Clanio River, regulated since the 16th century. Uncontrolled urban deve-

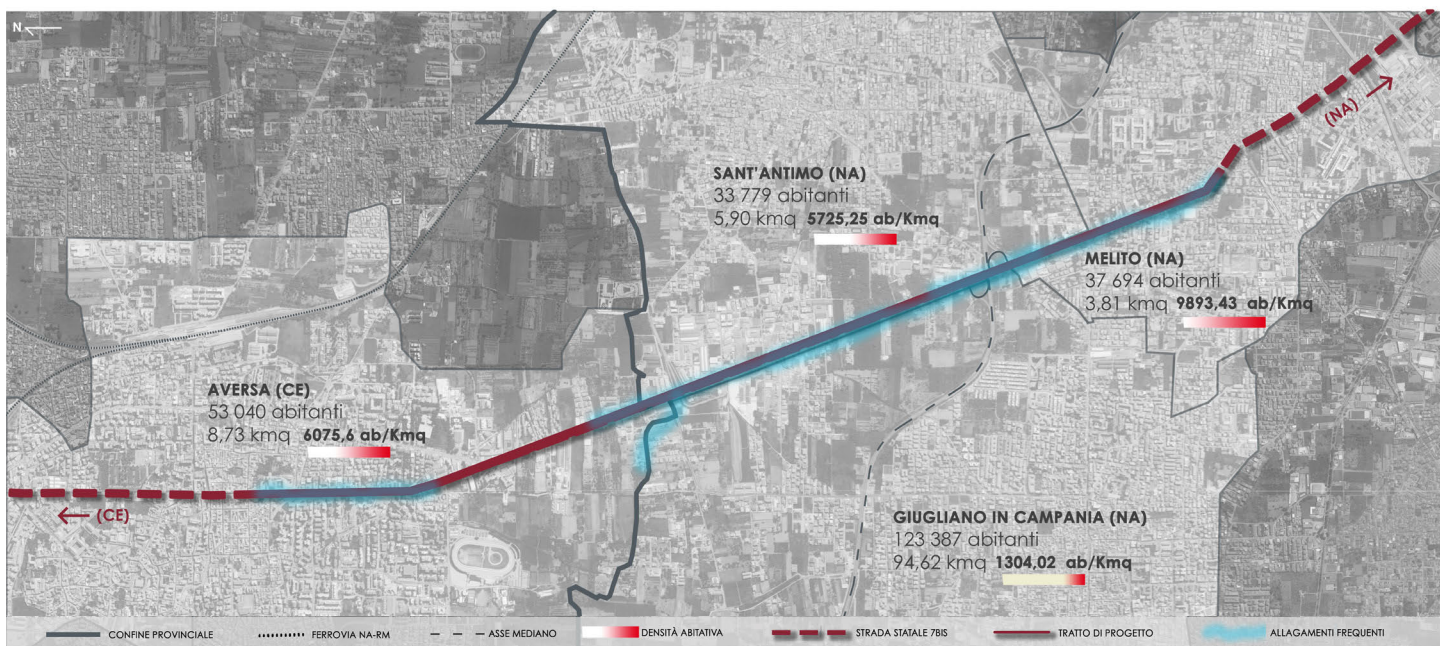


Fig. 3 - Tratto dell'arteria stradale campana in esame / Stretch of the examined Campanian arterial road.

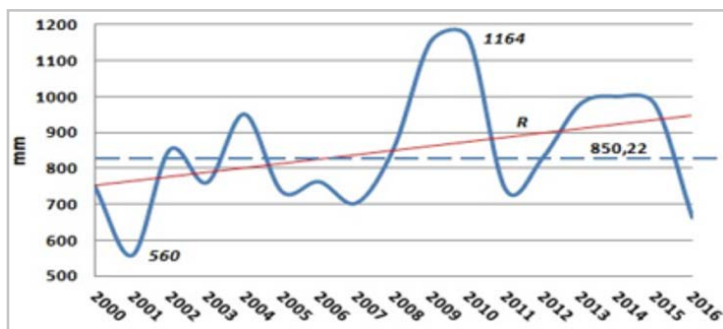


Fig. 4 - Diagramma dell'altezza di pioggia annuale (mm) tra il 2000 e il 2016, registrata dalla stazione di Grazzanise / Diagram of the annual rainfall height (mm) between 2000 and 2016, recorded by Grazzanise station.

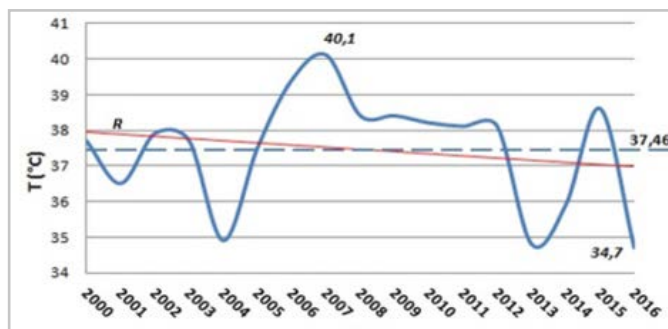


Fig. 5 - Diagramma dell'escursione termica annua E_{ta} (°C) calcolata dai dati registrati dalla stazione di Grazzanise / Diagram of the annual temperature range E_{ta} (°C) calculated from temperature data recorded by the Grazzanise station.

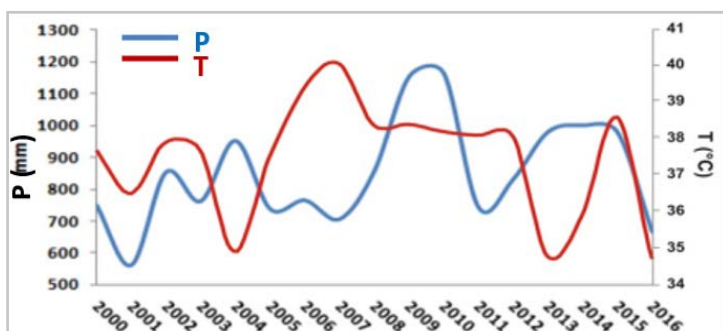


Fig. 6 - Comparazione fra le curve di altezza di pioggia all'anno (blu, mm) e di escursione termica annua E_{ta} (rosso, °C) nel periodo 2000-2016 / Comparison of rain height curves per year (blue, mm) and annual temperature range E_{ta} (red, °C) in the period 2000-2016.

o insufficienza della rete fognaria in alcune zone ha aggravato i fenomeni di allagamento che mettono a rischio di incolumità persone e beni. L'attenzione è stata quindi concentrata sul tratto dell'arteria tra il margine del centro storico di Melito (NA) e quello del centro storico di Aversa (CE), asta lungo cui più fenomeni critici si concentrano: aree periferiche con zone di degrado fisico e sociale, frequenti inondazioni, veloce e spesso esclusivo traffico carrabile, insediamenti incontrollati, *mixité* di usi disorganici, tipologia differenziata di sezioni stradali.

Il processo pluridecennale di sostituzione edilizia misto a un abusivismo indiscriminato che ha interessato il territorio a nord di Napoli ha progressivamente annullato la distinzione netta tra i vari centri, generando perimetrazioni disorganiche dei nuclei storici che tendono a perdere i loro caratteri di autonomia per generare un unico grande conglomerato urbano (Buccaro & De Seta, 2009). Nonostante la caotica saturazione degli spazi di margine, dei vuoti urbani e delle aree a tempo a verde, è ancora oggi possibile distinguere due modalità di espansione dei Comuni dell'Agro Napoletano; la lettura della cartografia storica mostra come gli insediamenti si siano sviluppati sia linearmente lungo gli antichi tracciati delle consolari romane (l'Appia e la sua diramazione litoranea nota come via Domitiana), sia compattandosi attorno a emergenze architettoniche civili o religiose. Questi ultimi sono agglomerati con forte vocazione produttiva, caratterizzati dalla presenza di edifici a corte e palazzi nobiliari prospicienti la piazza centrale. In entrambi i casi, la campagna coltivata circondava gli abitati isolando le unità urbane all'interno di un territorio punteggiato di masserie e frazioni satellite.

La perdita di questo armonioso rapporto tra città e campagna, testimoniato nelle guide del TCI fino almeno al secondo dopoguerra, deriva dall'incontrollata urbanizzazione dei Comuni della piana che ha congestionato la conurbazione napoletana al punto che centinaia di strade, «che per metà sono un paese e per l'altra metà ne sono un altro» (Saviano, 2006, p. 26), si annodano attorno a una retta su cui si avvicendano, senza soluzione di continuità, Casavatore, Caivano, Sant'Antimo, Melito, Giugliano, Aversa: paesi senza differenze che sembrano un'unica grande città.

Il Comune di Giugliano dista circa 13 km da Napoli e, con i suoi circa 94 kmq di superficie, risulta essere il più grande dell'intera Provincia: il suo territorio si estende dall'entroterra fino al mare e al suo interno si articola un sistema infrastrutturale piuttosto complesso che comprende tra le altre la via Domitiana, la Tangenziale A56, la Strada Statale 7bis e la Strada Provinciale 1 che si raccordano con le autostrade offrendo agevoli collegamenti con i paesi limitrofi e i capoluoghi regionali. Queste caratteristiche hanno attirato nelle campagne di Giugliano consistenti interessi, creando un incremento di popolazione tale da renderlo il Comune non capoluogo più popoloso d'Italia (125.000 abitanti circa).

Melito è un altro Comune densamente abitato situato a nord di Napoli ai limiti del quartiere di Secondigliano e risulta di fatto inglobato nella periferia settentrionale della metropoli partenopea. Originariamente piccolo centro a vocazione agricola, ha rappresentato uno sfogo per la crescente densità abitativa napoletana, a causa del quale è diventato in breve tempo uno dei Comuni col maggior rapporto di abitanti per chilometro quadrato d'Europa (9.893,43 ab/kmq). Il repentino popolamento non è stato assorbito dal territorio che attualmente soffre le piaghe del traffico caotico e della scarsità di servizi.

Sviluppatosi tra la Strada Statale 7bis e la linea ferroviaria Napoli-Foggia, Sant'Antimo sorge alla convergenza di un fitto reticolo di strade provenienti dai

lopment led to enormous loss of open land. In addition, the absence or insufficiency of sewer systems aggravates the problem. The study focused on the corridor between the edge of the historic centre of Melito (NA) and the historic centre of Aversa (CE), where several critical phenomena concentrate: peripheral areas of physical and social degradation, frequent flooding, fast vehicular traffic, unregulated settlements, a mix of conflicting uses, and varying road sections.

The decades-long process of variegated urban restructuring with unregulated development affecting the territory North of Naples has progressively eroded the clear distinction between the various historic centres, generating disorganized perimeters to the historical nuclei blurring their distinction and forming a single large urban conglomerate (Buccaro & De Seta, 2009).

Despite the chaotic saturation of marginal spaces, urban voids, and areas once green, it is still possible to distinguish two modes of municipal expansion in the Neapolitan countryside. The historical cartography shows how the settlements developed both linearly, along ancient Roman consular routes, and compactly, around civic and religious building landmarks. The latter are settlements with distinct productive roles, characterized by court buildings and noble palaces overlooking a central square. In both cases, the cultivated countryside surrounded the settlements isolated the urban concentrations within a territory dotted with farms and satellite hamlets.

The loss of this harmonious relationship derives from the uncontrolled urbanization of the Campana Plain that has congested the Neapolitan conurbation to the point that hundreds of roads knot around an arterial network without interruption; Casavatore, Caivano, Sant'Antimo, Melito, Giugliano, Aversa, seemingly one sprawling city.

The town of Giugliano is about 13 km from Naples and is the largest of the entire province with approximately 94 square kilometres, extending from the hinterland to the sea. A complex infrastructure system includes the Via Domitiana, the A56 road, the State Road 7Bis and the Provincial Road SP1 connecting with the highways offering easy contact with neighbouring towns and regional capitals. These characteristics attracted considerable investment in Giugliano, creating a population increase making it the most populous town in Italy that is not a provincial capital (125,000 inhabitants).

Melito is another densely inhabited town located North of Naples, at the edge of the Secondigliano District, and is incorporated in the Northern outskirts of the metropolis. Originally a small agricultural town, it has become an outlet for the increasing Neapolitan population density, becoming in a short

time one of the municipalities with the highest ratio of inhabitants (9893.43) per square kilometre of Europe. The rapid population growth was unplanned and Melito currently suffers problems of chaotic traffic and scarcity of services.

Developed between the 7bis State Road and the Napoli-Foggia railway line, Sant'Antimo is at the convergence of a dense network of roads coming from the various centres of this section of the Campana Plain. The town was an agricultural centre of primary importance until the mid-twentieth century but, since the 1970s, rampant real estate speculation has throttled the possibility orderly development.

With its 51,925 inhabitants, Aversa is the second largest city in the province of Caserta and is in the centre of the vast flat and rural area of the ancient Land of Work, between Via Campana and Via Atellana. The recent expanded extensive periphery consists of gigantic blocks bordered by roads of inadequate width. The result is an "almost impermeability" of the urban fabric due to traffic congestion, drastically reducing the quality and prospects for further development (Vittorini, 2000). Moreover, urban mobility is strongly greatly limited by railway barriers.

The unplanned, unregulated urban growth produces further difficulties of territorial interpretation and the project identified critical criteria to develop research processes and methods for these localities which lack resources, ample information, planning and strategic visions. Further criteria for the delimitation of the survey area were: the historically consolidated role of connection between the two most densely inhabited and interrelated urban areas of the Campania Region, the intensity of activity, the heterogeneity of land uses, sites of obvious environmental degradation, and the condition of the road infrastructure fabric which remains, nevertheless, a strategic axis. Based on the characteristics of the urbanized water flow, the study area has been determined through the geomorphological, settlement, and hydrological referencing of the sub-basin to the wider hydrographic system.

The study area boundary was defined through GIS software based on LIDAR data (provided by the National Geoport of the Ministry of the Environment), first identifying the runoff areas - parts of the urban water basin whose rainwater form the runoff within the urbanized area - then the runoff outfall flow lines.

The road segment 5.5 km long, collects rainwater from a drainage area of 2.18 square kilometres, shared by the municipalities of Aversa (for 0.52 square kilometres equal to a percentage of 5.96 over the entire municipal area), S. Antimo (for 0.12 square kilometres equal to 2.03%), Giugliano (for 1.31 square kilometres equal to 1.38%) and Melito (for 0.23

vari centri di questa sezione della Pianura Campana. Il Comune è stato centro agricolo di primaria importanza fino alla metà del XX secolo ma, a partire dagli anni '70, una forte speculazione immobiliare ha strozzato le possibilità di uno sviluppo realmente produttivo.

Con i suoi 51.925 abitanti, Aversa è la seconda città della Provincia di Caserta ed è posizionata al centro della vasta area pianeggiante e rurale dell'antica Terra di Lavoro, tra la via Campana e la via Atellana. La recente, estesissima periferia è costituita da isolati giganteschi delimitati da strade di sezione inadeguata su cui confluiscono tutti i traffici (e le soste) di attraversamento, di scorrimento e locali. Ne deriva una "quasi impermeabilità" del tessuto urbano dovuta alla congestione del traffico, che ne riduce drasticamente la qualità e le prospettive di ulteriori sviluppi (Vittorini, 2000). Inoltre la mobilità è fortemente limitata dalle barriere ferroviarie, attraversate soltanto da antichi e obsoleti sottopassi, di caratteristiche e dimensioni inadeguate.

La crescita urbana sviluppata senza piani e programmi determina ulteriore difficoltà di lettura e interpretazione, per aree non studiate né monitorate, per cui si sono individuati con approccio induttivo appositi criteri istruttori semplificati, per identificare processi e metodologie da applicare in territori dalla mancanza di risorse, di patrimoni di informazioni, di pianificazioni e visioni strategiche. Ulteriori criteri di delimitazione della zona di indagine sono stati pertanto: il ruolo storicamente consolidato di connessione tra i due ambiti urbani più densamente abitati e interrelati della Regione Campania, l'intensità di frequentazione, l'eterogeneità delle fasce di utenza, le conclamate condizioni di degrado e la condizione del circostante tessuto infrastrutturale del quale permane, ciò nonostante, un asse strategico. In funzione della sua caratteristica di gronda, l'area di studio è stata perimetrata attraverso la lettura geomorfologica, insediativa e del reticolo idrologico riferito al sottobacino del più ampio sistema idrografico. Ciò ha permesso di considerare tutti gli apporti di acque meteoriche lungo l'asta e associare i portati degli altri fenomeni insediativi al sottobacino di riferimento. La perimetrazione è stata definita attraverso software GIS su base di dati LIDAR. (forniti dal Geoportale Nazionale Ministero dell'Ambiente), individuando dapprima le aree colanti - porzioni del bacino urbano le cui acque piovane ruscellanti partecipano alla formazione dei deflussi nella sezione di chiusura - e successivamente le linee di deflusso risultanti. Il tratto di strada in esame, lungo 5,5 km, è investito dalle acque meteoriche provenienti da un'area drenante di 2,18 kmq, condivisa dai Comuni di Aversa (per 0,52 kmq pari a una percentuale del 5,96 sull'intera area comunale), Sant'Antimo (per 0,12 kmq pari al 2,03%), Giugliano (per 1,31 kmq pari al 1,38%) e Melito (per 0,23 kmq pari al 6,04%)¹. Inoltre, si è effettuata un'ulteriore restrizione dello studio alla parte di uso collettivo di tale area, identificando spazi aperti urbani inutilizzati e da rivitalizzare, distinguendo le aree pubbliche, le aree di pertinenza di edifici per la formazione, le aree private a uso pubblico, le aree di proprietà ecclesiastica, così determinando un'area drenante di 0,5 kmq, sulla quale più facilmente le amministrazioni possono agire. Su di essa si è prevista la localizzazione di dispositivi che raccolgano, trattengano, filtrino, depurino, infiltrino e/o convogliano la quantità di acqua meteorica di una precipitazione di 30 minuti con

1 Ciò ha evidenziato la difficoltà di gestione amministrativa dell'intervento che lambisce parti di territori comunali più vasti.

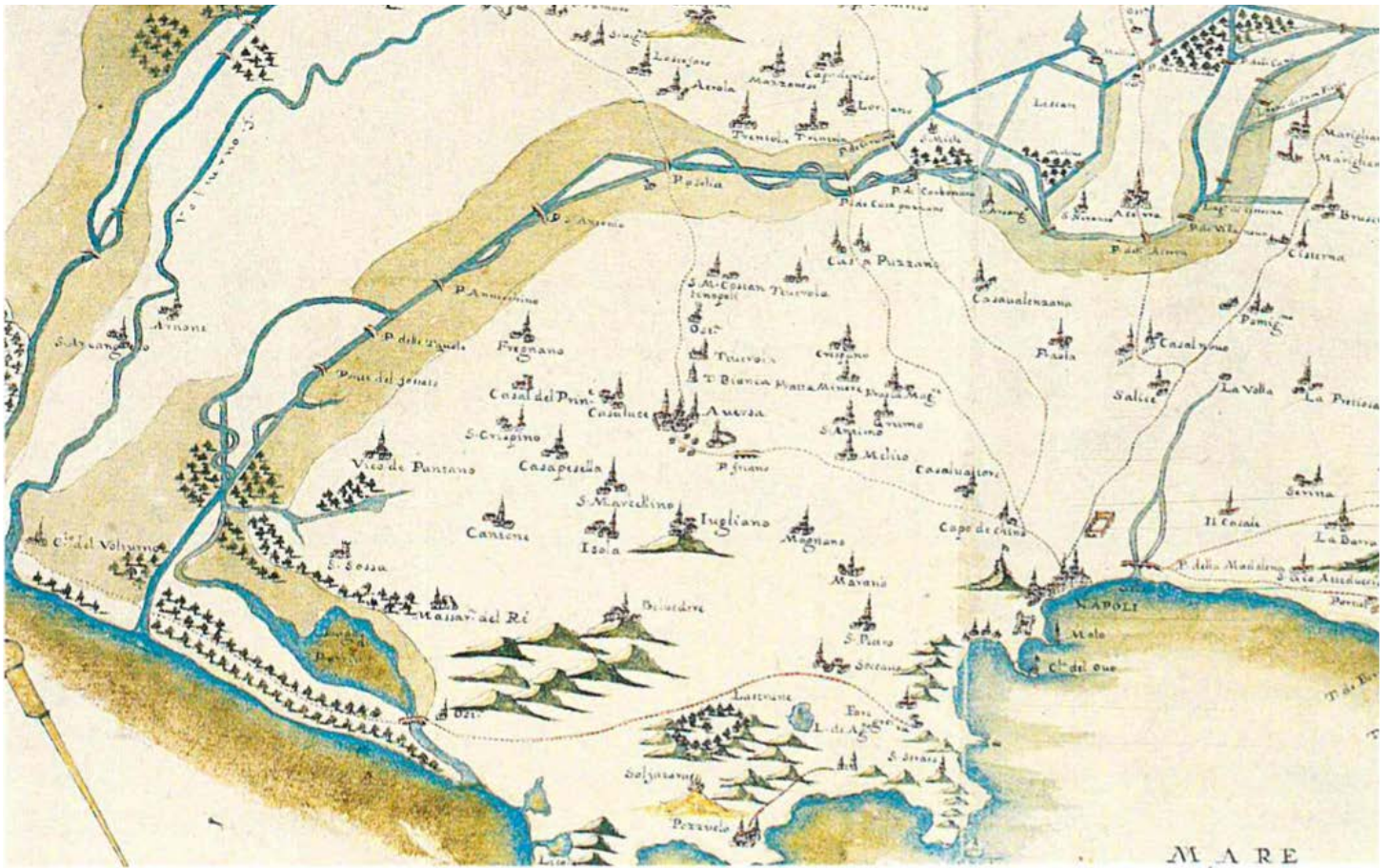


Fig. 7 - Mario Cartaro, *Regy Lagni*, 1615-31, disegno a penna e acquarello / Mario Cartaro, *Regy Lagni*, 1615-31, pen and watercolour drawing.

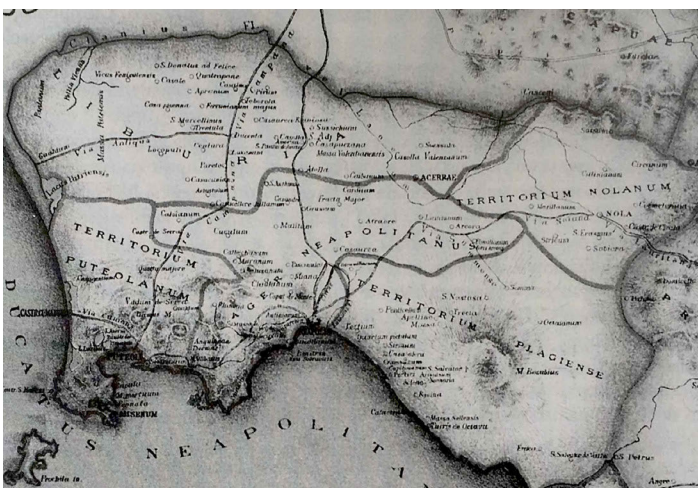


Fig. 8 - Bartolomeo Capasso, *Tabula Chorographica Neapolitani ducatus*, sec. XI.



Fig. 9 - N. Di Nardo, *Carta della Diocesi di Aversa*, 1898. Palazzo Vesco-
vile / N. Di Nardo, Map of the Diocese of Aversa, 1898. Episcopal Palace.

square kilometres equal to 6.04%)¹. In addition, the study considered only the vacant spaces in the study area, identifying unused urban open spaces to be revitalized, distinguishing between public areas, areas pertaining to buildings, private areas for public use, and areas of ecclesiastical property, providing drainage surface of 0.5 square kilometres. On it, we located devices that collect, retain, filter, purify, infiltrate and/or convey the volume of thirty minutes of precipitation up to a 20-year interval, adding to this goal multiple community co-benefits (Kurtz, 2009; Valente, Mozingo, 2015; Page et al., 2015; Valente, 2017).

Therefore, the study undertook a research through design project, identifying where to apply detailed solutions connected to a general functional framework. The results cross a range of scales, hence the descriptor “telescopic” of the research process, as described by Pierre Belanger.

4.2 DIACHRONIC UNDERSTANDING AND THE CULTURAL HERITAGE NETWORK

The city of Aversa, founded in 1030 by the Norman Rainulfo Drengot within the mesh of the ancient and vast centuriation of the Campania Felix, became a strategic territory in the Angevin era, when the important road axis was built as an alternative to the consular road Campana, passing to the North, near the abbey of San Lorenzo ad Septimum (Parente, 1857, pp. 173-174). In fact, the ancient Roman road was “very uncomfortable and harmful to travellers, who could not find taverns or places to rest” (Amirante, 1998, p. 140), so much that it was no longer depicted in the Rizzi Zannone of 1793 (Buccaro, de Seta, 2007, p. 226), while the “strada regia,” instead, favoured a stopover in the city, even for the court in transit between Naples and Capua.

Beyond Teverola, the road reaches the River Clanio, where the Selice bridge, depicted by Di Nardo, becomes the main link with the territories beyond the border with Caserta (De Falco, Ferrara, Valente, 2019, pp. 101-104). The river benefited the agricultural sector, even if “many times it ruins the surrounding villages for its floods” (Amirante, 1998, p. 243). Therefore, in 1539, the Council of the Lagni Regions provided for the reclamation and hydraulic rebalancing of the territory (Fiengo, 1988), with the contribution of Domenico Fontana and the topographic map drawn up by Mario Cartaro, between 1615 and 1631, noting the flooding of the Clanio.

¹ This highlights the difficult administrative management of the project.

tempo di ritorno ventennale, volendo aggiungere a questo risultato molteplici benefici indotti (Kurtz, 2009; Valente & Mozingo, 2015; Page et al., 2015; Valente, 2017).

Si è intrapresa, quindi, una *research through design*, identificando i luoghi dove applicare soluzioni di dettaglio da riconnettere a un *framework* generale che ne garantisca il funzionamento integrato; il determinarsi di continui, veloci, lunghi salti di scala spiega l’aggettivo “telescopico” al processo sperimentato, con tributo culturale a Pierre Belanger.

4.2 LETTURA DIACRONICA E RETE DEI BENI CULTURALI

La città di Aversa, fondata nel 1030 dal normanno Rainulfo Drengot all’interno di una maglia della vasta centuriazione dell’antica *Campania Felix*, diviene strategica a livello territoriale in epoca angioina, quando viene realizzato l’importante asse viario alternativo alla via consolare Campana che transitava a nord, in prossimità dell’abbazia di San Lorenzo ad Septimum (Parente, 1857-58). Infatti, mentre l’antica strada risultava «incomodissima e dannosa ai viaggiatori, i quali non trovano taverne, né luoghi per riposarsi» (Amirante, 1998, p. 140), tanto da non essere più raffigurata nella Rizzi Zannone del 1793 (Buccaro & de Seta, 2007), la “strada regia”, invece, favorisce la sosta in città, anche per la corte negli spostamenti tra Napoli e Capua.

Oltre Teverola, la strada raggiunge il fiume Clanio, dove il ponte Selice, raffigurato da Di Nardo, diviene il principale collegamento con i territori al di là del confine con Caserta (De Falco et al., 2019). Il fiume avvantaggia la destinazione agricola, anche se «molte volte rovina li paesi intorno per sue inondazioni» (Amirante, 1998, p. 243). Pertanto, fin dal 1539, la Giunta dei Regi Lagni provvede alle operazioni di bonifica e riequilibrio idraulico del territorio (Fiengo, 1988), con l’apporto di Domenico Fontana e della carta topografica redatta da Mario Cartaro, tra il 1615 e il 1631, con l’indicazione dell’area di esondazione del Clanio.

A sud di Aversa, oltrepassato l’Arco dell’Annunziata, la “strada regia” prosegue per un tratto rettilineo per poi deviare in direzione di Melito, abbandonando la coincidenza con il tracciato della centuriazione, che prosegue invece lungo via Cirigliano. Lungo il percorso, attualmente coincidente con la Strada Statale 7bis, va ricordato l’antico villaggio di Friano posto al confine con Napoli, esistente fin dal 1151 e indicato nel Registro di Carlo II come feudo di Guglielmo Stendardo.

Nella “Carta dei contorni di Napoli dell’Ufficio Topografico”, del 1836-40, poco prima di Sant’Antimo, sono segnalate alcune emergenze: la chiesa della “Madonna di Frignano”, il “Posto di Guardia”, la “Masseria di Frignano”, la “Taverna di Mezzotta” (indicata anche nella Rizzi Zannoni) e la “Masseria del Duca”.

La chiesa della Madonna delle Grazie, intitolata nel Cinquecento a S. Laurentii e posta nella località Castello di Friano, rifatta nell’Ottocento, è oggi allo stato di rudere (Storace, 1887). Il posto di confine (o di Guardia), all’incrocio con l’attuale via Michelangelo Merisi Caravaggio, segna l’incrocio con «il circondario di Aversa confinante con la provincia di Napoli» ed era pertanto necessario attraversare «il piccolo Ponte di Friano» (Parente, 1857-58, vol. I p. 193 e vol. II p. 339; Novello, 2011), segnalato, con ben tre arcate, nella pianta di Cartaro. Qui, presso la «Masseria del Duca di Craco, sita a Mezzotta», è presente una taverna per la sosta dei viandanti (Malangone, 2008, pp. 342-344). La memoria dei luoghi sopravvive

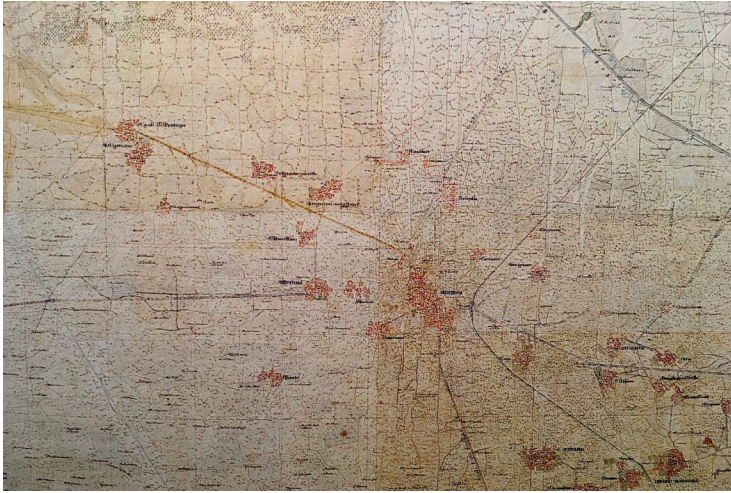


Fig. 10 - Carta dei contorni di Napoli alla scala 1:20.000, eseguita nell'Oficio Topografico dell'ex Regno di Napoli, 1836-1840 / *Map of the outskirts of Naples at the 1:20,000 scale, made in the Topographical Office of the former Kingdom of Naples, 1836-1840* (Source: Firenze Istituto Geografico Militare).

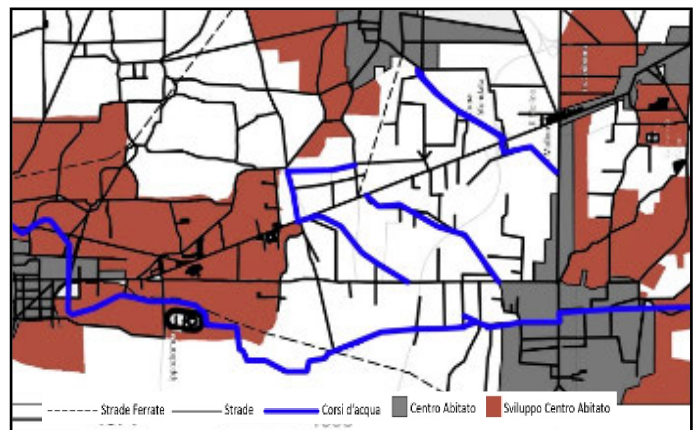
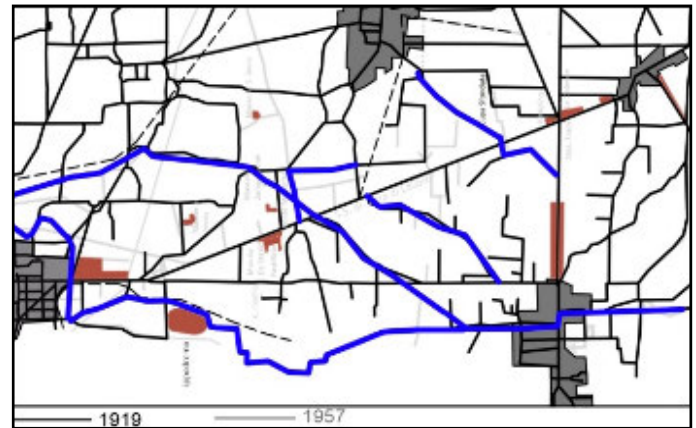
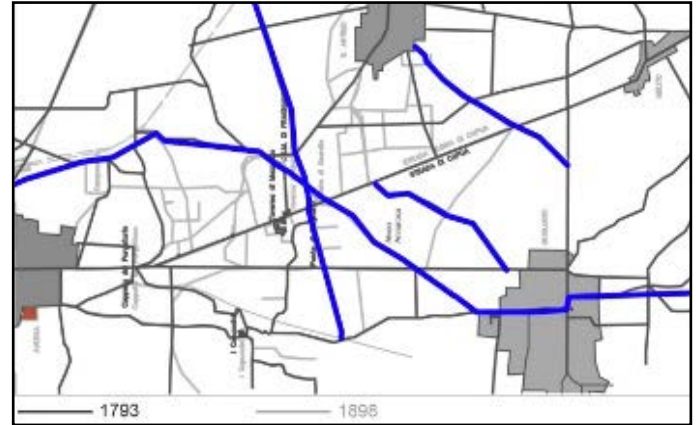


Fig. 11 - Carta IGM con correzioni manuali d'epoca destinate alla successiva edizione, 1876 / *IGM map with vintage corrections for the next edition, 1876* (Source: Firenze Istituto Geografico Militare).

Fig. 12 - Confronti delle ricostruzioni planimetriche da cartografia storica dell'area in esame / *Comparisons of planimetric reconstructions from historical cartography of the area examined* (Source: Authors' elaboration).

South of Aversa, past the Arch of the Annunziata, the "strada regia" continues for a straight stretch and then turns in the direction of Melito, deviating from the centuriation, which continues in Via Cirigliano. Along the route, currently coinciding with the State Road 7 bis, lies the ancient village of Friano from 1151, located on the border with Naples, and indicated in the Register of Charles II as a feifdom of Guglielmo Stendardo.

The contour map of Naples by the Topographical Office, dated 1836-40, noted some landmarks just before S. Antimo: the church of the "Madonna di Frignano", the "Posto di Guardia", the "Masseria di Frignano", the "Taverna di Mezzotta" (also indicated in the Rizzi Zannoni) and the "Masseria del Duca." The church of Our Lady of Grace, dedicated in the sixteenth century to S. Laurentii and located in the village of Castello di Friano, rebuilt in the nineteenth century, is now in a state of ruins (Storace, 1887, p. 153). The border post (or Guardia), at the intersection with the current Via Michelangelo Merisi Caravaggio, marked the boundary with "the surrounding of Aversa adjoining the province of Naples" and it was therefore necessary to cross "the small bridge of Friano" (Parente, 1857-58, vol. I p. 193 and vol. II p. 339; NovIELLO, 2011), indicated, with three arches, in the map of Cartaro. There, at the "Masseria del Duca di Craco, located in Mezzotta," was a tavern for wayfarers (Malangone, 2008, pp. 342-344). The memory of these places survives in the current place name Ponte di Mezzotta, where the concentration of houses intensifies. The defence of the border included a moat, into which rainwater from the Camaldoli poured (Jossa Fasano, 1978, pp. 37-38).

Finally, the "strada regia" crosses the Via Campana at the height of the so-called columns of Giugliano, in the 19th century the entrance to the town of Melito, where a little further on lies the 18th century church of S. Maria delle Grazie by Giuseppe Astarita.

The research group traced the evolution of the settlement patterns and the pre-existing environmental conditions through the area's cartographic archive. The Cartaro map identified the villages of Melito, Aversa, Sant'Antimo and Tugliano (Giugliano), the road between Aversa and Melito with the symbol of the above mentioned three-arched bridge, also noted on the maps of Baratta of 1616 and Bulifon-de Silva of 1692. Since there are no elevational changes, the bridge indicates the presence of water or wetlands along the route.

Moreover, the onciario cadastre of 1753 reports the existence of a trickle of water that descended from the Camaldoli and passing through Licoda (Via di Giugliano), reached the area of Friano passing through the monastery, a trickle that

nell'attuale toponimo Ponte di Mezzotta, dove si intensifica l'agglomerato di abitazioni. A difesa del confine va pure ricordata la presenza di un fossato, nel quale si riversavano le acque piovane provenienti dai Camaldoli (Jossa Fasano, 1978).

Infine, la "strada regia" incrocia la via Campana all'altezza delle cosiddette colonne di Giugliano, nel XIX secolo ingresso alla città di Melito, dove poco più avanti va segnalata la settecentesca chiesa di S. Maria delle Grazie di Giuseppe Astarita.

Nei principali documenti cartografici sulla zona il gruppo ha rintracciato elementi per studiare l'evoluzione dell'insediamento e i fenomeni ambientali preesistenti. Nella mappa del Cartaro si individuano dunque gli abitati di Melito, Aversa, Sant'Antimo e Tugliano (Giugliano), la strada tra Aversa e Melito con il simbolo del succitato ponte a tre arcate, come annotato anche sulle mappe di Baratta del 1616 e di Bulifon-de Silva del 1692. Non essendovi dislivelli di quota da superare, il manufatto indica la presenza di acqua o zona umida lungo il tracciato. Peraltro, il catasto onciario del 1753 riporta l'esistenza di un rivolo d'acqua che scendendo dai Camaldoli e passando per Licoda (via di Giugliano), raggiungeva la zona di Friano transitando per il convento dei monaci, rivolo che diventava assai pericoloso in caso di forti precipitazioni. È possibile ricostruirlo mediante le cartografie e la vista satellitare, delineando il percorso del torrente Annarosa che attraversa gli abitati per sversare nei Regi Lagni e che tuttora causa danni con forti piogge. Nelle carte storiche successive, dal 1794 in poi manca o la dicitura o il disegno del ponte in questione; la spiegazione può essere un nuovo regime idraulico della zona determinato dall'opera dei Regi Lagni o il progressivo riempimento dell'alveo con depositi alluvionali. Una volta individuati sulle mappe, strade, linee ferrate, corsi d'acqua, centri abitati, edifici e toponomastica di rilievo sono stati riportati su layer e sovrapposti alla planimetria del territorio attuale. Le analisi storiche, cartografiche e ambientali restituiscono duplice evidenza: da una parte le ricorrenze delle alluvioni nella zona ante insediamento, con la narrazione scritta, disegnata e incisa nel territorio dei corsi d'acqua episodici principali; dall'altra la presenza di emergenze edilizie, ponti e infrastrutture, masserie, posti di guardia e edifici di culto, oggi trascurati, che tuttavia fanno parte della storia e della tradizione dei luoghi da recuperare. Si ottengono così informazioni su fenomeni pericolosi da cui difendersi, ma anche su beni culturali pur minori di cui la collettività può giovare. Il progetto ambientale dell'infrastruttura si connota pertanto come legame ibrido tra aspetti tecnici, saperi umanistici, valori sociali, da interconnettere attraverso dispositivi al tempo stesso efficaci e simbolici, dove attraverso il valore culturale e sociale dei luoghi è possibile far leva per la tutela e la manutenzione di dispositivi tecnici delicati.

I corsi d'acqua episodici sono quelli generalmente aridi (e spesso usati come strade) che hanno condizioni di flusso solo dopo eventi meteorici intensi con durate molto brevi (Arthington et al., 2014). Questa condizione è la più pericolosa poiché la discontinuità degli eventi disabituava gli abitanti alla cautela, per la mancanza di consapevolezza collettiva dell'ecosistema di appartenenza. Con la sovrapposizione della cartografia e delle aerofoto storiche, oltre all'alveo artificiale costituito dalla stessa sede stradale, all'interno dell'area drenante si identificano ancora oggi con chiarezza almeno tre tracciati dei corsi d'acqua episodici, provenienti dalle colline a nord di Napoli determinando condizioni critiche alle intersezioni con varie strade. Uno è il già descritto alveo Annarosa; il secondo da via Gianfelice

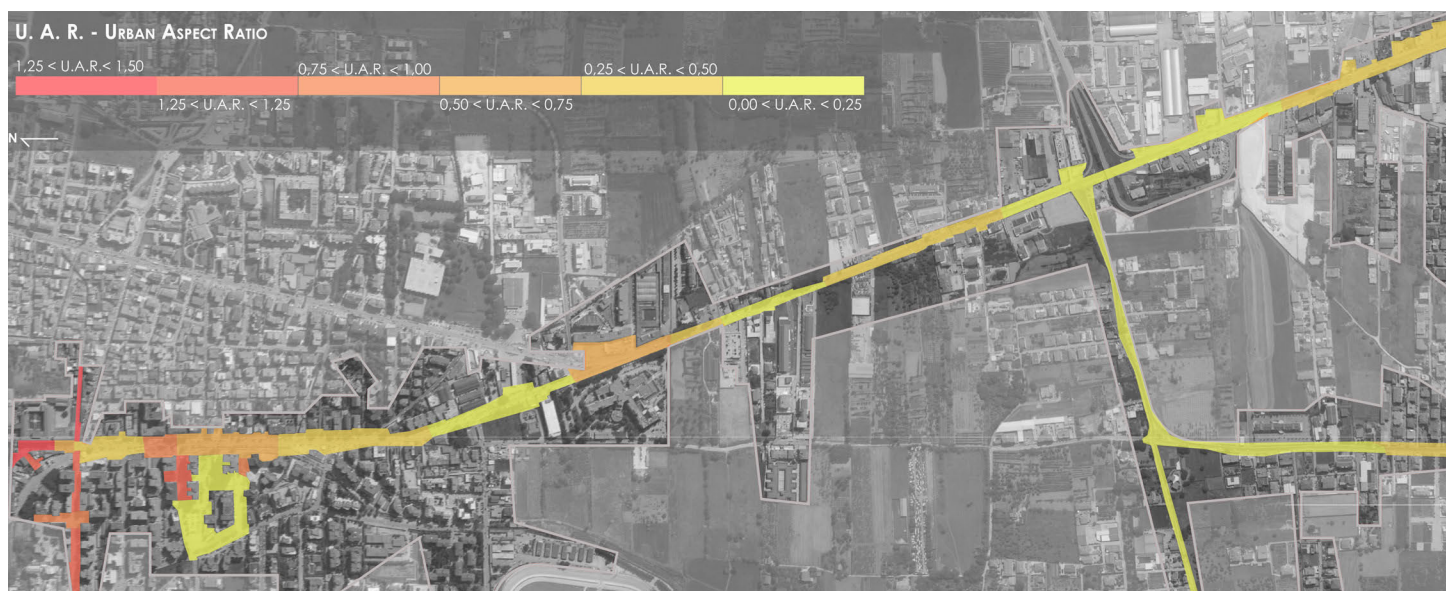


Fig. 13 - Stralcio di planimetria registrante gli intervalli di UAR (*Urban Aspect Ratio*) / *Plan excerpt recording the intervals of UAR (Urban Aspect Ratio)* (Source: Authors' elaboration).



Fig. 14 - Sezioni trasversali tipo / *Typical cross sections* (Source: Authors' elaboration).



Fig. 15 - Dati satellitari di *Imperviousness Density* sull'area drenante / *Imperviousness Density satellite data on the drainage area* (Source: Copernicus, 2015).

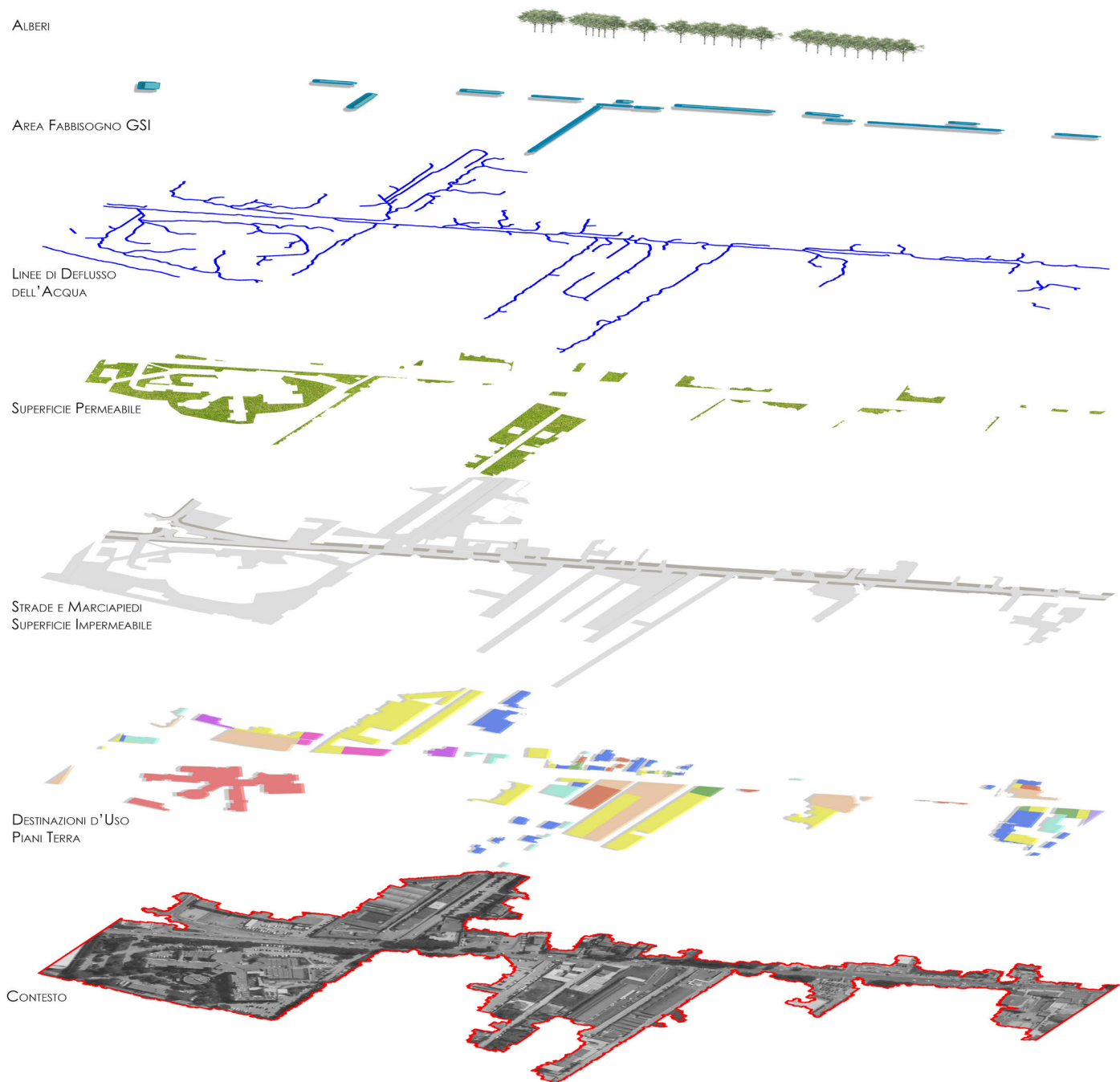


Fig. 16 - *Overlay di letture tematiche su snodo centrale dell'asse / Overlay of thematic views on the central junction of the axis* (Source: Authors' elaboration).

a Giugliano solca la zona agricola sino all'immissione sulla Stada Statale 7bis; il terzo è la Cupa Sfondata, su cui sino al 1987 vi era un ponte all'incrocio con l'asse. La strada extraurbana principale ex SS162NC, in parte in rilevato e su piloni, ha alterato il regime di pendenze dei suoli, determinando nuovi flussi nei frequenti allagamenti sin dalla realizzazione nei primi anni '80. Tale tendenza si era già accentuata nel tempo con lo sviluppo edilizio degli anni '70 del XX secolo; con il ridursi delle aree coltivate e della permeabilità dei suoli, si marcava un fenomeno che le cronache testimoniano come molto antico. Nel settembre 1974 si registrano cinque decessi per un allagamento improvviso dell'asse viario in esame, ancora oggi con zone prive di sottoservizi.

4.3 L'INTEGRAZIONE DEI TEMATISMI

Lo studio e la descrizione del tratto di strada sono fondati sull'esplorazione di materiali e spazi attraverso territori dei Comuni di Aversa (CE), Giugliano (NA), Sant'Antimo (NA), Melito (NA), di cui si sono analizzati estensioni, popolazione, densità, strumenti urbanistici comunali e provinciali, luoghi notevoli (beni culturali, zone verdi, sistema di trasporto pubblico, luoghi per la formazione, la sanità, i culti, lo sport, l'aggregazione sociale) su un'area di confine tra zone anche non appartenenti ad aree metropolitane. Il metodo non deterministico, ma di integrazione circolare delle letture, tende a svelare le ecologie latenti dei luoghi per potenziarle nel processo di riqualificazione.

La lettura geomorfologica, insediativa e del reticolo idrologico (naturale e artificiale) riferito al sottobacino del più ampio sistema idrografico è stata tratta dall'analisi delle carte ipso-pluviometriche e di pubblicazioni scientifiche, fornendo un inquadramento generale sulla distribuzione delle precipitazioni medie registrate nel periodo storico in relazione all'altitudine dell'area (Mennella, 1967; Civita et al., 1973; De Vita et al., 2012).

L'esame della cartografia storica e topografica ha permesso anche di ricostruire il *pattern* del reticolo idrografico, qui di tipo rettangolare in quanto antropizzato e mascherato dall'intensa urbanizzazione. L'analisi ha consentito di identificare le principali direttrici del deflusso idrico, rappresentate da solchi di ruscellamento e da incisioni subrettilinee a carattere torrentizio, disseccate dalle acque meteoriche e oggi in parte regimate.

Nello studio dell'inquadramento meteorologico (Köppen, 1936; Kottek et al., 2006), secondo la classificazione di regione mediterranea (Emberger, 1955), l'interpretazione dei dati ricavabili registra per l'area: un aumento delle temperature minime medie tra febbraio e agosto e una diminuzione fra settembre e dicembre, analogamente alle massime; una crescita dei millimetri di pioggia all'anno con una condizione di aridità nei mesi di giugno e ottobre; la frequenza di scrosci da 1 a 3 ore di durata nella stagione autunnale (Braca et al., 2002; Paliaga et al., 2019). Le previsioni del PNACC (Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici) (CMCC, 2017) per la zona in esame prevedono l'aumento di 14 giorni di caldo estremo in estate, l'aumento dell'8% di piogge in inverno ma con episodi intensi, la diminuzione delle piogge del 25% in estate, confermando il fenomeno prevalente di rischio *pluvial flooding* storicamente documentato con cause geomorfologiche e insediative, rischi da ondate di calore con prolungate fasi di ari-

became very dangerous in case of heavy rainfall. It is possible to reconstruct it with maps and satellite views, outlining the route of the Annarosa torrent that crosses the inhabited areas to flow into the Lagni regions and that still causes damage with heavy rainfall. Subsequent historical maps, from 1794 onwards, the bridge is missing. The explanation may be a new hydraulic regime of the area determined by the work of the Regi Lagni or the progressive filling of the riverbed with alluvial deposits.

Once identified on the archival maps, roads, railway lines, watercourses, inhabited centres, buildings, and toponymy of landforms have been layered and superimposed on the current plan of the territory. The historical, cartographic, and environmental analyses provide two types of evidence. On the one hand, the recurrence of the floods in the area before the settlement. On the other hand, the presence of landmarks, bridges and infrastructure, farms, guard posts and emblematic buildings, today neglected, which are part of the history and tradition of the places considered in the redesign. This process provides information about environmental risks, but also cultural assets from which the community can benefit. The environmental infrastructure project is therefore a hybrid, linking technical aspects, humanistic knowledge, social values, through devices at the same time functional and symbolic, where it is possible to leverage the protection and maintenance of detailed technical devices through the cultural and social value of place.

Episodic watercourses are generally arid (often used as roads) that have flow conditions only after intense weather events with very short durations (Arthington et al., 2014). This condition is the most dangerous since the discontinuity of events inhibits caution by residents who lack the collective awareness about the ecosystem in which they live.

By superimposing historical cartography and aerial photographs, in addition to the artificial riverbed constituted by the roadway itself, within the local drainage area at least three episodic watercourses from the hills North of Naples can still be clearly identified, leading to critical conditions at the intersections with some roads. One is the Annarosa riverbed, the second runs from Via Gianfelice to Giugliano through the agricultural area until the entrance on the SS7bis, and the third is the Cupa Sfondata, where until 1987 there was a bridge at the intersection with the road axis. The main extra-urban road ex SS162NC, partly on embankments and on pylons, altered the slope of the landscape, creating new flows that result in frequent flooding since the early 1980s. This trend was already exacerbated by urbanization of the 1970s which reduced cultivated areas and soil permeability. In September 1974 there were five

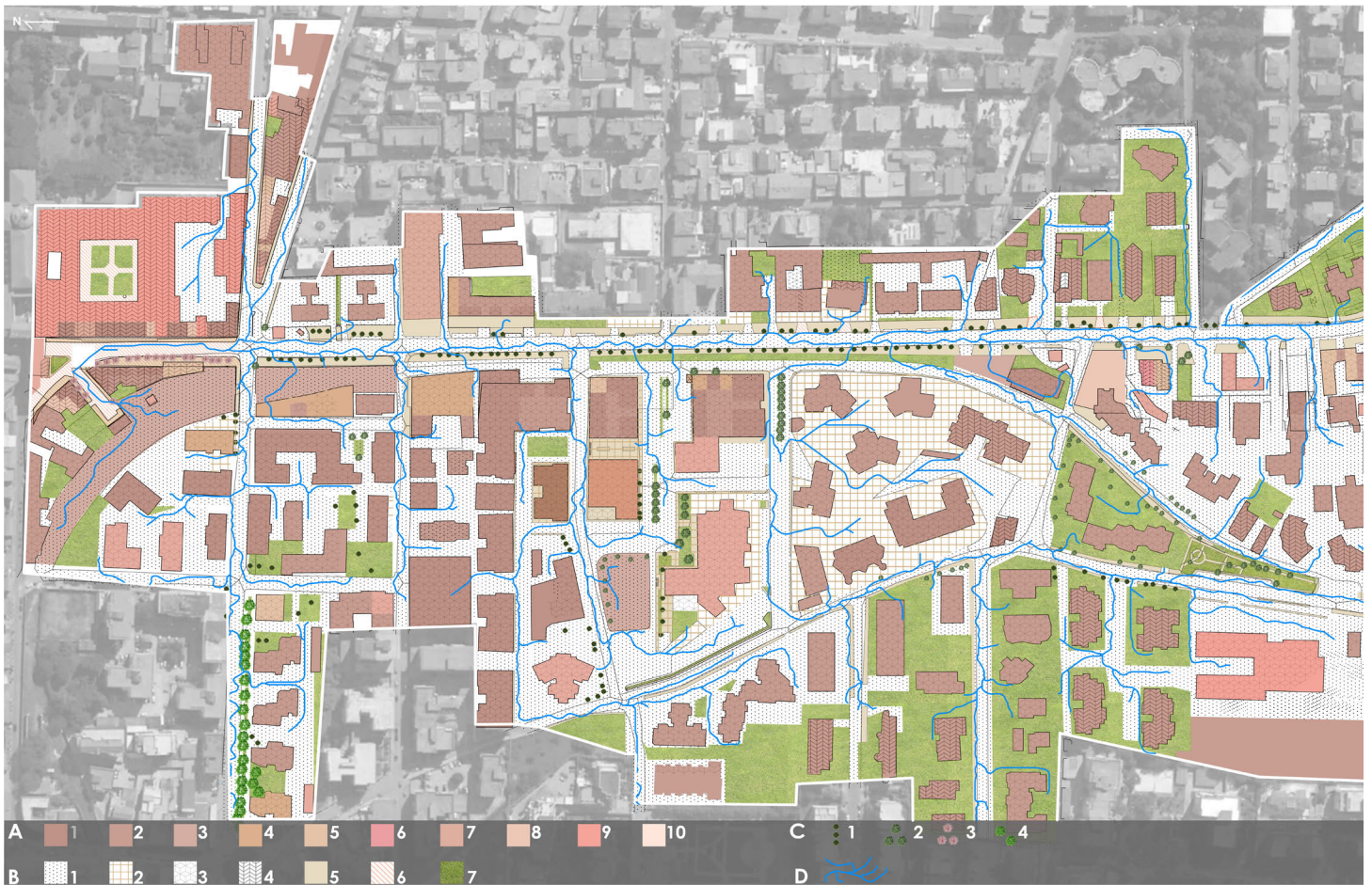


Fig. 17a - Stralcio planimetrico di rilievo ambientale: A Destinazioni d'uso piani terra (1 Negozio, 2 Residenza, 3 Parcheggio, 4 Bar notturno, 5 Ristorante, 6 Clinica, 7 Museo, 8 Altro, 9 Formazione, 10 Vuoto), B Superfici orizzontali (1 Asfalto, 2 Piastrellato, 3 Tetto piano, 4 Tetto a tegole, 5 Marciapiede, 6 Basolato, 7 Vegetazione), C Tipologia di alberi, D Linea di deflusso / *Excerpt from the environmental survey plan: A Ground floor uses (1 Shop, 2 Residence, 3 Parking, 4 Night bar, 5 Restaurant, 6 Clinic, 7 Museum, 8 Other, 9 Education, 10 Void), B Horizontal surfaces (1 Asphalt, 2 Tiled, 3 Flat roof, 4 Tiled roof, 5 Sidewalk, 6 Basolato, 7 Vegetation), C Trees tipology, D Runoff line* (Source: Authors' elaboration).

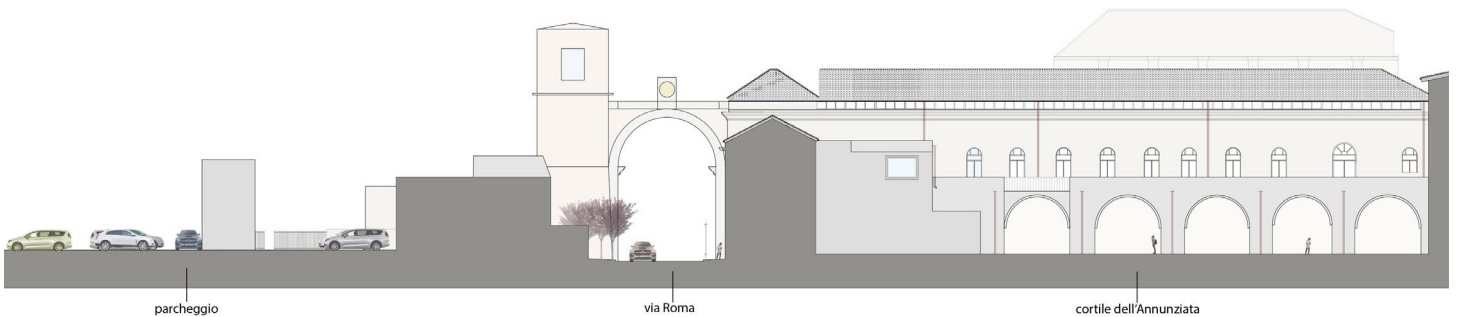


Fig. 17b - Profilo di rilievo ambientale / *Environmental survey section* (Source: Authors' elaboration).

dità. Tali tendenze (Giankopoulos et al., 2009) descrivono scenari non sostenibili per il territorio in esame.

A partire dalla consultazione di mappe ad alta scala sull'impermeabilizzazione dei suoli (*Imperviousness*, 2012), sull'uso del suolo (*Urban Atlas*, 2012), sulla presenza di alberi su strade (*Street Tree*, 2012) provenienti da dati satellitari Copernicus, delle mappe di pericolosità e rischio da alluvione fornite dall'Autorità di Bacino del Distretto dell'Italia Meridionale, si è sviluppato il modello delle zone soggette ad allagamento, in relazione ai diversi indici di centralità rispetto ai centri storici, evidenziando luoghi notevoli e beni monumentali. Gli incroci tra l'asse principale della Strada Statale 7bis con gli antichi corsi d'acqua hanno indicato luoghi critici ove porre speciale attenzione nel progetto. L'integrazione attraverso un modello GIS di dati LIDAR e idrologici con la lettura storica dell'ambiente e l'analisi delle preesistenze edilizie, è stata riportata su elaborati di rilievo dove si è registrata l'ipotesi dei tracciati delle infrastrutture di sottoservizi, la mappa completa della vegetazione, le destinazioni d'uso ai piani terra con le fasce orarie di attività, i flussi di traffico veicolare, l'arredo urbano e l'informazione territoriale. Tutti i dati sono stati ricavati da rilievi sul campo e digitali non essendo presente alcun patrimonio a cui attingere.

Il modello GIS comprende la classificazione di UAR generata dalle numerose sezioni trasversali costruite, la carta dell'uso del suolo, dei materiali e della permeabilità delle superfici orizzontali, del *range* di elevazione delle quote degli ingressi, dei flussi circolatori. Particolare attenzione è stata dedicata allo studio della mappa dell'infiltrabilità dei suoli, importata dall'esperienza di Seattle (USA). Diversa dalla mappa della permeabilità (dove si esprime il potenziale di assorbimento delle superfici), con essa si identifica la categorizzazione dei territori comunali dove, nel progettare la realizzazione di dispositivi di *green stormwater infrastructures*, prevedere l'infiltrazione in falda delle acque meteoriche raccolte. Tale condizione, infatti, non è sempre soddisfatta, essendo legata alla vicinanza di costruzioni, alla qualità del suolo e degli strati del sottosuolo, all'altezza della falda.

Grazie al rapporto con le associazioni cittadinanza attiva dei Comuni interessati e con l'Amministrazione del Comune di Aversa, alla sovrapposizione delle letture tematiche si sono integrate le testimonianze degli abitanti su luoghi, tempi e fenomeni delle alluvioni, per un'utilità scientifica e sociale, implementando la coscienza collettiva sull'ecosistema di appartenenza e sviluppando processi virtuosi. Si sono raccolti *input* dall'*audit* di *stakeholder* per individuare il sistema delle esigenze, tra cui, oltre al controllo del *pluvial flooding* e delle ondate di calore, sono emersi la riqualificazione di spazi aperti, la disponibilità di aree verdi e di ritrovo, il presidio del territorio, la valorizzazione beni culturali anche poco conosciuti, la necessità di riorganizzazione degli spazi della circolazione.

Nell'analisi dell'area vasta, oltre a usare gli indici prodotti dal gruppo per la climatologia e geologia, sono stati esaminati i diagrammi termopluviometrici riportati in Croce et alii (2019) per quantificare intensità e durata del periodo di aridità estiva, principale fattore limitante per le piante. Inoltre, è stata analizzata la Carta delle Serie della Vegetazione d'Italia (Filesi et al., 2010), per comprendere in quale serie di vegetazione (Gehu & Rivas-Martinez, 1981) ricadesse l'area vasta. Infine, è stato considerato il Regolamento UE n. 1143/2014 del 22 ottobre 2014 sulle specie esotiche invasive, escluse da quelle considerate. La presenza di vegetazione ad alto fusto è stata studiata anche con il *software* i-Tree street, che

deaths due to sudden flooding of the road axis and still today the area is without sewers.

4.3 THE INTEGRATION OF THEMATIC ISSUES

The thematic evaluations covered the territory of the municipalities of Aversa (EC), Giugliano (NA), S. Antimo (NA), Melito (NA), analyzing their expansions, population, density, planning tools, landmarks (heritage sites, green areas, public transport system, recreation and sport sites, health care facilities, cultural centres, social aggregation spaces).

The non-deterministic method reveals the latent ecologies of the places supporting proposals for redevelopment. The geomorphological, settlement, and hydrological investigation of the sub-basin of the larger hydrographic system was derived from rainfall and precipitation maps and scientific publications, providing a framework for the average precipitation recorded over time (Mennella, 1967; Civita et al., 1973; De Vita et al., 2012). The examination of historical and topographic cartography also allowed reconstruction of the pattern of the original hydrographic system now masked by intense urbanization. The analysis identified the main runoff patterns, represented by furrows and incisions of torrents, now partly engineered.

Analysis of the climatic framework of the study area (Köppen, 1936; Kottek et al., 2006), classified as a Mediterranean region (Emberger, 1955), predicts: an increase of the average minimum temperatures between February and August and a decrease between September and December; an increase of rain per year with dry conditions in the months of June and October; the frequency of downpours from 1 to 3 hours of duration in the autumn season (Braca et al., 2002; Paliaga et al., 2019). The PNACC (CMCC, 2017) predicts for the area an increase of 14 days of extreme heat in summer, an 8% increase in rainfall in winter with intense episodes, a decrease in rainfall of 25% in summer, confirming the increase of risks floods and heat waves with prolonged phases of aridity. These trends (Giankopoulos et al., 2009) describe unsustainable scenarios for the area.

Starting from the analysis of large scale maps of impervious surfaces (Imperviousness, 2012), land uses (Urban Atlas, 2012), the presence of street trees (Street Tree, 2012) from Copernicus satellite data, and flood hazard and risk maps provided by the Basin Authority of the Southern Italy District, the study developed a flood model of the study area. They indicated as critical places the intersections between the main axis of the SS7bis with the ancient watercourses.

The integration through a LIDAR GIS model and hydrologi-

cal data with the reading of the historical environment and the analysis of the existing buildings, revealed estimations of below ground infrastructure, a complete vegetation map, the ground floor uses of buildings, vehicular traffic flows, and street furniture. All the data was obtained from field and digital surveys as there is no history of comparable studies.

The GIS model includes the classification of U.A.R. generated by the cross sections, land use, materials and permeability of surfaces, and elevations based on the experience in Seattle (USA). Different from the overall map, it categorizes currently impermeable municipal zones where the infiltration of rainwater is possible. This is linked to the proximity of buildings, quality of soil and subsoil layers, and groundwater level. These overlays were integrated with the testimonials by inhabitants about places, duration, and frequency of floods, for both scientific and social utility, engaging collective ecosystem knowledge.

In addition, the stakeholder audit identified needs, including open space redevelopment, access to green areas and meeting places, landscape and cultural heritage protection, and the re-organization of circulation spaces.

An examination of the indices for climatology and geology and the thermo pluviometric diagrams reported in Croce et al. (2019) quantified the intensity and duration of the summer dry period, the main limiting factor for plants. The Map of the Vegetation Series of Italy (Filesi et al., 2010) indicated into which vegetation category (Gehu & Rivas-Martinez, 1981) the area fell. The study consulted the Regulation (EU) n. 1143/2014 of 22 October 2014 on invasive alien species, excluding from those from consideration. The presence of tall vegetation was analysed with i-Tree street software, calculating the benefits for reduced CO₂, stored CO₂, concentration of pollutants, reduction of water runoff, and landscape value.

To guide the project focus areas, the integrated thematic analyses led to a first set of general indicators including the permeability index, the expected amount of rainwater, the quantity of tall trees and related hydraulic, energy, and economic benefits, and the length of safe cycling routes. By synthesizing calculation methods, thematic maps, tabulated results, and initial indications of critical factors, the modeling identified sites with recurrent flooding, climate criticality, and greatest user dissatisfaction in relation to the proximity of significant places.

Flood hazard and risk maps provided by the Basin Authority report only a small area of high danger, P3 in the Southern part of the area. In order not to coincide with established hydraulic codes, the study refined the criteria for both hazard and the vulnerability. The first depends on the size and permeability of the affected run-off area, as well as the run-off time; the latter

calcola i benefici in termini di CO₂ ridotta, CO₂ immagazzinata, concentrazione di inquinanti, riduzione deflusso acque e valore paesaggistico dei luoghi.

Per la valutazione delle successive risultanze di progetto, l'insieme integrato delle letture tematiche ha portato alla scelta di un primo set di indicatori generali che comprende l'indice di permeabilità, la quantità di acqua meteorica prevista, la quantità di alberi ad alto fusto e relativi benefici idraulici, energetici ed economici indotti, la lunghezza dei percorsi ciclabili sicuri. Ordinando metodi di calcolo, mappe tematiche, risultati tabellati e prime indicazioni di criticità complessiva, la modellizzazione delle letture descritte ha portato a individuare i siti con ricorrenza di inondazioni, criticità climatica e maggiore *discomfort* fruitivo, anche in relazione alle prossimità ai luoghi notevoli mappati.

Alla luce di tali sperimentazioni, osservando come mappe di pericolosità e rischio da alluvione fornite dall'Autorità di Bacino riportano solo una piccola area a pericolosità elevata P3 nella parte meridionale della zona in esame, per non sovrapporsi a concetti idraulici codificati, per il caso studio si è ipotizzato un affinamento dei criteri di definizione sia della pericolosità - in funzione della dimensione e della permeabilità dell'area colante interessata, come del tempo di corruzione - sia della vulnerabilità, funzione anche dell'indice di centralità urbana e dei luoghi notevoli esposti. La capacità adattiva proposta in questa sede esprime la vocazione del sito ad assorbire l'impatto e risulta dal rapporto tra disponibilità di area pubblica e parametri di vulnerabilità, mentre l'indice di potenziale rigenerativo è considerato funzione del rapporto tra l'indice di capacità adattiva e l'indice di centralità urbana, così che quest'ultimo risulta di valore quadratico rispetto agli altri.

4.4 IL PROGETTO STRATEGICO COME GIS-BASED FRAMEWORK

Anche per la difficoltà di una canonica lettura tipologica di spazi, il procedimento induttivo secondo criteri di "infiltrazione" è supportato dalla configurazione dello scenario metaprogettuale, con localizzazioni strategiche interconnesse nel *framework* generale controllato dallo strumento GIS. La definizione dei micro-bacini drenanti ha consentito di scegliere aree idonee al posizionamento dei dispositivi secondo le quantità necessarie e le superfici libere disponibili. Per ognuna delle aree colanti è stata calcolata la portata meteorica affluente in fogna e il relativo volume d'acqua, utilizzando due diversi metodi per confrontare i risultati ottenuti. Il primo è il metodo cinematico lineare basato sul calcolo della portata con la cosiddetta formula razionale. Il secondo procedimento applicato è il metodo dell'invaso, basato sul calcolo del coefficiente udometrico u . Determinate le portate, sono stati calcolati i volumi d'acqua necessari al dimensionamento delle *green stormwater infrastructure* (GSI) secondo la formula $V = t * Q * 3.600$, in cui t è la durata di pioggia [ore], Q è la portata di pioggia [mc/s], per cui il volume totale d'acqua ricavato è risultato di circa 6.800 mc.

Non essendo opportuno progettare GSI per ogni singola area colante, ne sono state accorpate di più contigue dai deflussi con unico punto di arrivo (Fig. 18), dimensionando i dispositivi con volumi necessari. Calcolata l'area totale i-esima ottenuta, è stata moltiplicata per una profondità media e per un coefficiente di permeabilità pari a 0,35, ottenendo così un volume $V_{p,i}$. Chiamato V_0 il volume di riferimento calcolato dalle portate delle singole aree colanti, lo si è confronta-

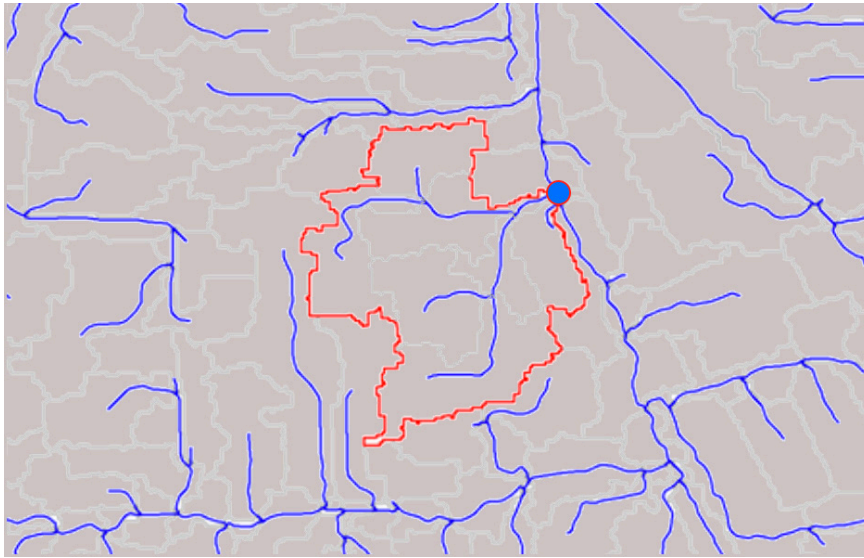


Fig. 18 - Esempio di raggruppamento delle aree colanti con un unico punto di arrivo / *Example of drainage micro-areas grouping with a single arrival point* (Source: Authors' elaboration).

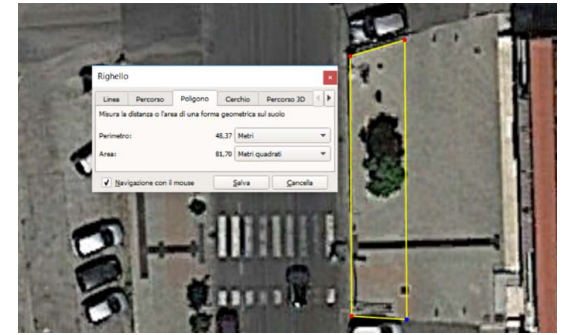


Fig. 19 - Perimetrazione aree disponibili / *Available areas perimeter* (Source: Authors' elaboration).



Fig. 20 - Analisi dei micro-bacini dell'area in esame: a) linee di deflusso, b) raggruppamento di aree colanti, c) fabbisogni di raccolta meteorica / *Analysis of micro-basins in the examined area: a) outflow lines, b) drainage micro-areas grouping, c) meteoric harvesting requirements* (Source: Authors' elaboration).

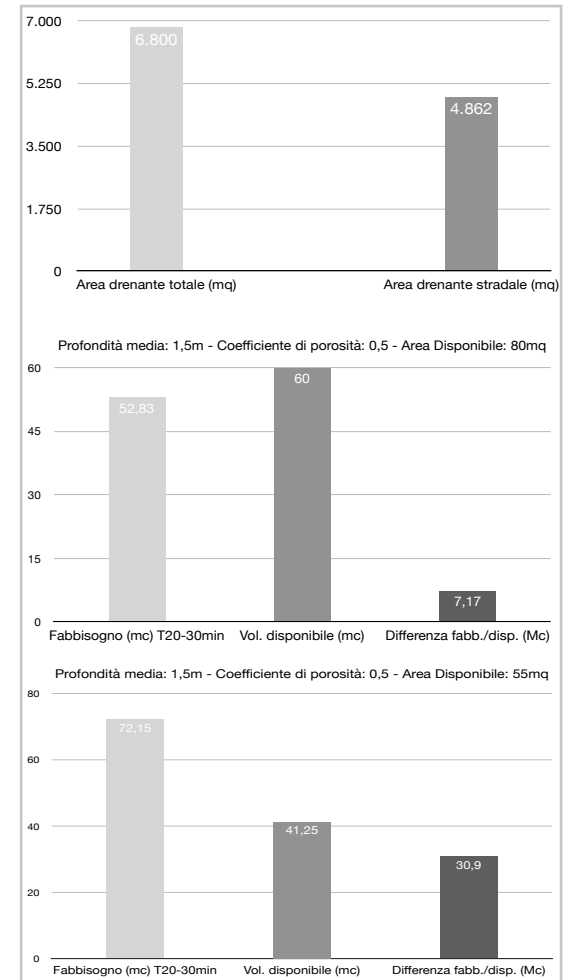


Fig. 21 - Confronti tra aree drenanti, fabbisogni e superfici disponibili / *Comparisons between drainage areas, requirements and available surfaces* (Source: Authors' elaboration).

depends on the index of urban centrality and the significance of exposed places.

The proposed adaptive capacity expresses the capacity of the site to absorb the impact and results from the relationship between public area availability and vulnerability parameters, while the regenerative potential index is considered a function of the relationship between the adaptive capacity and the urban centrality indexes.

4.4 THE STRATEGIC PROJECT AS A GIS BASED FRAMEWORK

The concern for draining micro-basins guided the choice of suitable areas to position the devices based on need and available surfaces. For each drainage area the water flow rate into sewers and the water volume were calculated, using two methods to compare the results. The first is the linear kinematic method based on the calculation of the flow rate with the so-called rational formula. The second procedure is the reservoir method, based on the calculation of the udometric coefficient u . Once the flow rates were determined, the volumes of water needed for the Green Stormwater Infrastructure (GSI) were calculated with the formula $V = t * Q * 3600$, where t is the duration of rain [hours], Q is the flow rate of rain [mc/s]: the total volume of water obtained is about 6800 mc.

To avoid having a GSI for each micro-basin, several micro-basins with a single point of confluence were merged, sizing the GSI devices accordingly. Having calculated the total i -th area available, it was multiplied by an average depth and by a permeability coefficient of 0.35, obtaining a volume $V_{p,i}$. The reference volume calculated from the flow rates of the individual micro-basin areas (V_o) was compared with V_p . The total volume obtained of about 8500 mc was more than sufficient to satisfy the need of 6800 mc and provide for the 8% increase foreseen by the PNACC. To manage this volume, a public area of about 16,300 sq.m. was needed to design 170 GSF, a strategy easily replicable in similar conditions.

The result is a typology of devices spread over the zone in streets, squares, parking lots and open spaces, for a total area of 16,318 square meters: 6921 square meters in the municipality of Aversa, 2764 square meters in the municipality of S. An-

to con V_p , per verificarne il dimensionamento. Il volume totale ottenuto di circa 8.500 mc è risultato più che sufficiente a soddisfare il fabbisogno di 6.800 mc e recepire più degli incrementi dell'8% previsti dal PNACC. Per ottenere questo volume di progetto è stata considerata un'area pubblica pari a circa 16.300 mq per la progettazione di 170 GSF², con metodologia processuale facilmente replicabile in condizioni analoghe. Il risultato è una tipologia di dispositivi diffusi sul territorio in strade, piazze, parcheggi e spazi aperti di pertinenza, per circa 6.921 mq nel Comune di Aversa per gestire 3.633,67 mc di acqua, 2.764 mq nel Comune di Sant'Antimo per gestire 1.450,66 mc, 5.275 mq nel Comune di Giugliano per gestire 2.769,62 mc e 1.358 mq in quello di Melito per gestire 713,01 mc. Tutti i dispositivi, distinti e progettati in base alle zone in cui ricadono spingendo avanti la ricerca sulle *site specific nature-based solutions*, implementano aree permeabili degli spazi di collegamento e sono registrati in un *database* con tipologia, dimensioni, volumi, materiali, costi, vegetazione, per facilitarne programmazione e gestione. Tale tipologia comprende spazi verdi per raccolta, bioritenzione, depurazione e ombreggiamento (*planter, bumpout, tree trench, swale, tree pit*) (Valente, 2017), che riconfigurano una rete di luoghi speciali lungo l'area drenante, per fornire benefici multipli. Oltre a raccogliere le analisi e guidare le metaprogettazioni effettuate, il modello GIS offre il *database* delle GSI localizzate e dimensionate, arricchito con schedatura di informazioni strategiche per progettazione, esecuzione e gestione, con linee guida per un protocollo di gestione dei dispositivi dell'intera area drenante, dai punti di vista costruttivo, idraulico e vegetazionale, proponendo un processo implementabile per fasi. È possibile infatti riconfigurare fabbisogni, dimensionamenti, localizzazioni, in maniera responsiva in funzione dei dati di *input* provenienti da tutto il sistema del sottobacino e da ulteriori previsioni di cambiamento climatico o di iniziativa sociale, verificando l'efficacia delle soluzioni puntali proposte. Tra gli aspetti più innovativi e importanti vi è l'identificazione delle priorità delle azioni da intraprendere, legate ai diversi indici di vulnerabilità e distinte tra le differenti competenze, esigenze e necessità di impegno da parte dei quattro Comuni interessati. L'operatività intercomunale, infatti, migliorerebbe la progettazione diacronica e sincronica delle fasi in relazione ai rapporti con i diversi *stakeholder*, evidenziando il ruolo del progetto strategico quale *framework* operativo per iniziative provenienti dalle Amministrazioni come da *grassroot*, sempre comunque riconducibili a sistema, sia in caso di azioni coordinate, sia quando frutto di sporadici interventi, per comporre uno scenario virtuoso di riconfigurazione ambientale adattiva agli esiti del cambiamento climatico.

In relazione agli aspetti botanici, poiché agli organismi fotosintetici (le piante) usati per la realizzazione di *green stormwater infrastructures* viene chiesto di svolgere servizi ecosistemici (Daily, 1997) la cui erogazione è acclarata (Basnou et al., 2015), sono state selezionate piante attraverso una procedura complessa che comprende un'analisi ecosistemica dei luoghi in un processo che porti a una sintesi soddisfacente tutte le esigenze. Parametri specie-specifici come caratteristiche morfo-fisiologiche, plasticità ecologica, fenologia, velocità di accrescimento,

2 It is interesting to compare the procedure with the one adopted in 2019 in the City of Berkeley (CA, USA) where similar micro-basins consideration informed the Green Infrastructure Plan, composed by the Multi-Benefit Prioritization Tool and the Micro-Watershed tool (Valente & Bosco, 2020).

2 È interessante confrontare il procedimento con quello adottato nel 2019 presso la municipalità della città di Berkeley (CA, USA) in cui analoga considerazione dei micro-bacini ha informato la redazione del *Green Infrastructure Plan*, composto dal *Multi-Benefit Prioritization Tool* e dal *Micro-Watershed Tool* (Valente & Bosco, 2020).

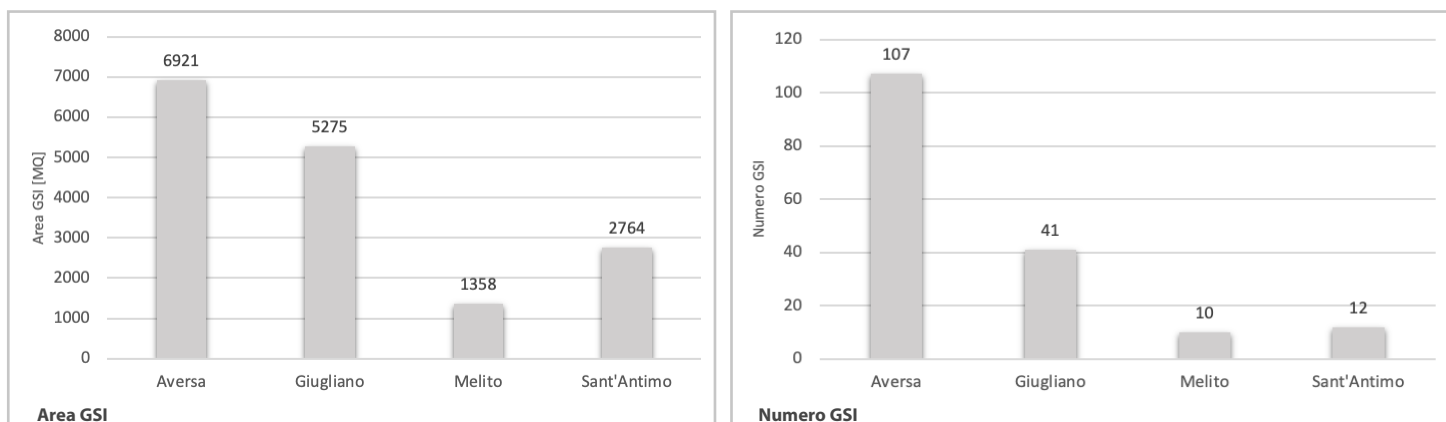
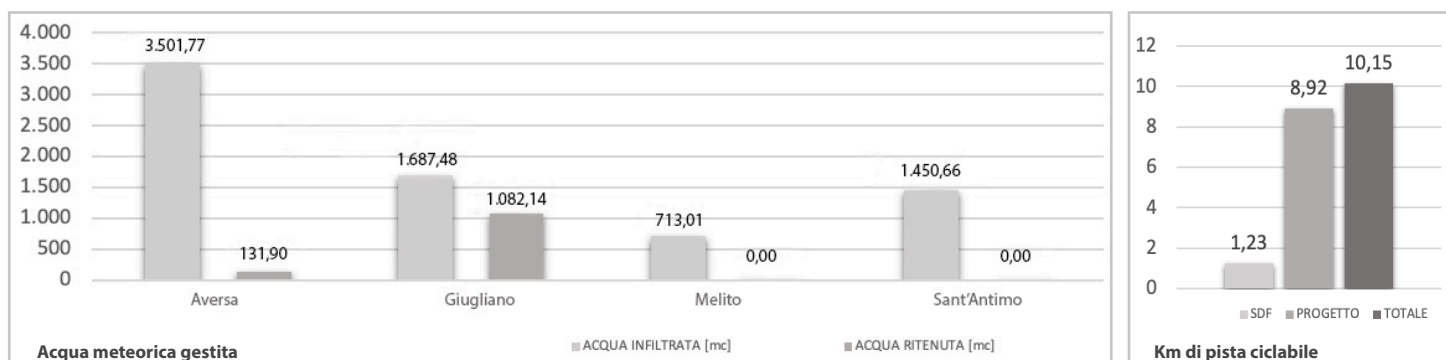
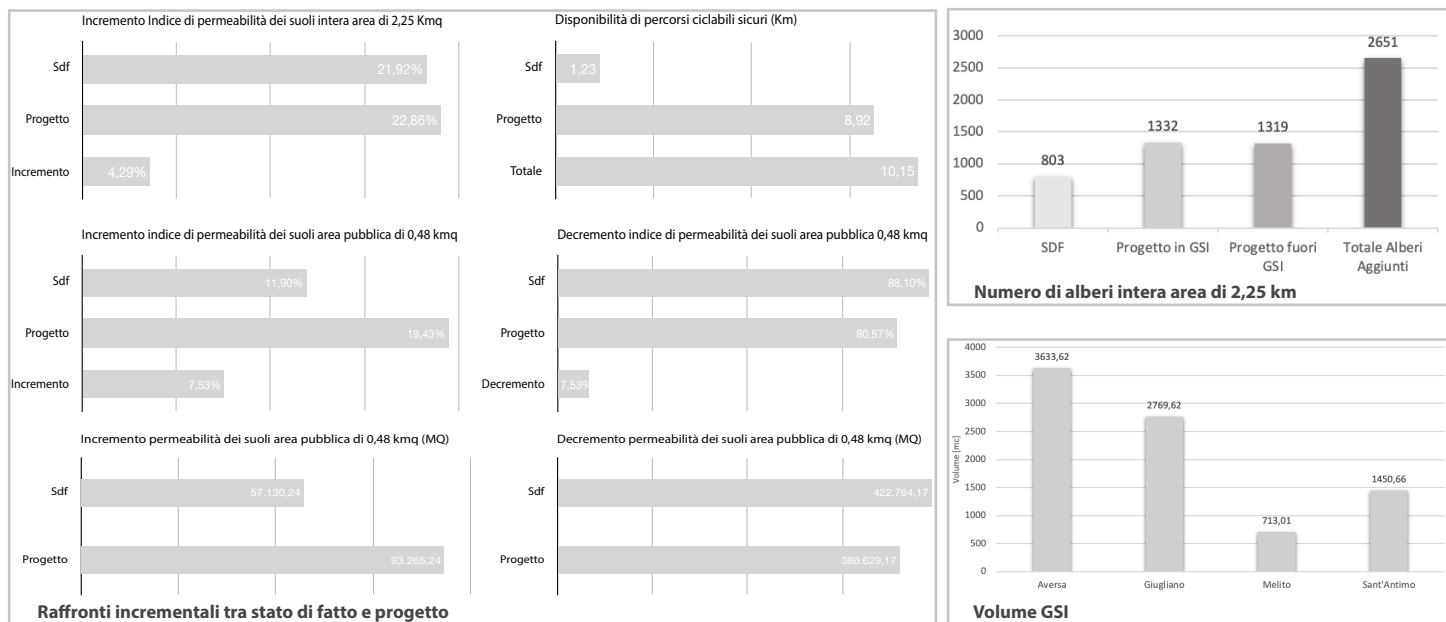


Fig. 22 - Valori degli Indicatori Generali / Values of General Indicators (Source: Authors' elaboration).

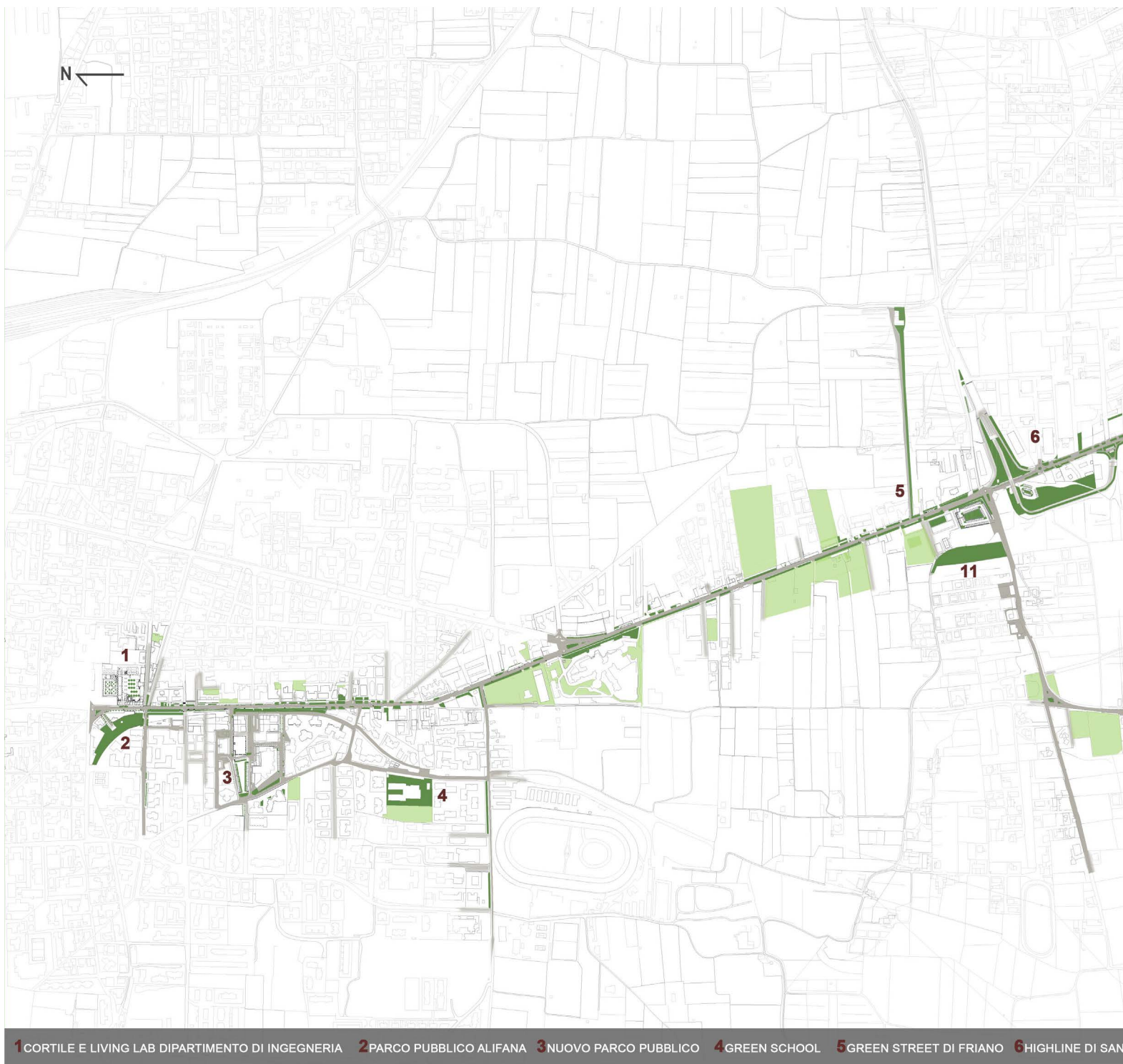


Fig. 23 - Planimetria generale / *General plan* (Source: Authors' elaboration).



T'ANTIMO **7** COLONNE VERDI DI GIUGLIANO **8** GIARDINI DELLA METRO GIUGLIANO **9** GREEN PLAZA SAN NICOLA **10** GIARDINI DI VIA OASI **11** NUOVO PARCO PUBBLICO



Fig. 24 - Stralci del progetto strategico / *Excerpts of strategic framework design* (Source: Authors' elaboration).

rappresentano criteri discriminanti nella scelta. Conoscere il ruolo ecologico-funzionale di ogni specie, permette di progettare non un mero elemento “strutturale”, ma di prevederne il contributo funzionale nella *green infrastructure*. In relazione alla realizzazione di GSI lungo tutta l’area drenante considerata le necessità progettuali erano sia di limitare le elevate temperature registrate in estate con effetto “isola di calore” molto accentuato, sia di depurare le acque meteoriche in occasione di eventi di precipitazioni intense. In relazione all’area vasta e alla verifica delle ricadute sulle esigenze progettuali è stato redatto un elenco di specie autoctone coerenti con le caratteristiche fitoclimatiche, facendo riferimento alla flora della vicina area umida del sito dei Variconi (La Valva & Astolfi, 1987-88). L’analisi ha evidenziato l’evidente contrasto tra le due esigenze progettuali, dovendo nella stessa sede essere affrontata l’aridità estiva e l’eccessivo afflusso d’acqua dovuto a eventi stocastici di breve durata, ma di grande impatto. Questo comporta la necessità di prevedere specie xerofile e idro-igrofile con esigenze ecologiche opposte.

Inoltre, le piante per le infrastrutture dedicate alle acque meteoriche, devono gestire acque ruscellanti in ambiente urbano note per la mobilitazione e il trasporto di inquinanti (Pitt & Voorhees, 2002) con particolare riferimento al traffico veicolare (Rewitt, 2004). Sono anche state valutate le piante già presenti lungo l’asse stradale analizzando le carte tematiche prodotte, per suggerire le migliori pratiche da adottare. Nella scelta delle specie botaniche sono stati considerati i servizi ecosistemici e/o i caratteri morfo-fisiologici richiesti, individuando specie che svolgessero più di una funzione. Per ognuna delle specie individuate sono stati selezionati i caratteri autoecologici e precisamente: a) presenza di organi con proprietà aromatiche (foglie e/o fiori); b) periodo di fioritura (fenologia); c) per gli alberi sono state considerate la dimensione delle foglie e dell’individuo in età adulta. A valle di questo processo comparivano nell’elenco sia alberi di primaria o secondaria grandezza come il tiglio (*Tilia sp.pl.*), sia altre specie come *Cercis siliquastrum L.* con fioritura molto appariscente. Per le sole rampicanti la scelta è stata indirizzata verso due specie ornamentali non autoctone. Si sono individuate soluzioni progettuali che permettessero la coesistenza di comunità vegetali con caratteristiche e funzioni così differenti (Villareal et al., 2004), per garantire la separazione spaziale e funzionale tra le due comunità. Inoltre, sono state suggerite alcune pratiche gestionali per garantire la sopravvivenza delle piante quando non esistono le condizioni ottimali. Per le specie arbustive e arboree sono state selezionate xerofite tra cui anche specie sempreverdi come *Quercus ilex*. In aggiunta sono previste infrastrutture di contenimento che garantiscono il giusto volume di suolo per diminuire l’effetto di aridità causato dalla crescita in contenitori. Per la fitodepurazione di acque meteoriche in ambiente urbano sono state selezionate le idrofite e igrofite più efficienti come specie del genere *Juncus* (Syaniidou et al., 2017), aggiungendo arboree di sponde fluviali dei generi *Salix* e *Populus* per ombreggiare.

In relazione agli aspetti di *civil design*, l’intera ricerca progettuale si è basata sull’impostazione di alcune sezioni trasversali stradali tipo, relative all’asta principale della strada statale così come alle secondarie nel sottobacino considerato; si è prevista la massima estensione della pista ciclabile oltre al marciapiede e singoli o doppi filari di alberi, con aiuole o GSI. Ciò determina una razionalizzazione dei tracciati, la fluidificazione delle percorrenze e un notevole aumento della ciclabilità sicura, esigenza di un territorio particolarmente idoneo. Infatti, il tratto della Strada Statale 7bis in esame è costituito da una corsia per senso di marcia con lar-

timo, 5275 square meters in the municipality of Giugliano and 1358 square meters in the municipality of Melito.

A GIS database registers types, sizes, volumes, materials, costs, and vegetation of the devices to facilitate planning and management. This typology includes green spaces for collection, bio-retention, purification and shading (planter, bumpout, tree trench, swale, tree pit) (Valente, 2017), and network of special places along the drainage area provide multiple co-benefits. By documenting analyses and key projects, the GIS model also provides a database of localized and dimensioned GSIs, with strategic information for design, implementation, and management from the standpoint of construction, hydraulics, and vegetation. The model can reconfigure the size or location of the GSIs, incorporating additional data from the sub-basin system and climate or social change forecasts, validating the GSI effectiveness in changing conditions.

Among the most important aspects of the model is prioritization of GSI projects, linked to the vulnerability indexes and distinguished between the four municipalities. Intermunicipal cooperation would improve their design and implementation, highlighting the role of the strategic project as an operational framework for administrative and grassroots initiatives.

Plants for GSIs were selected through place-based ecosystem analysis synthesizing a range of needs. Species-specific parameters such as morpho-physiological characteristics, ecological plasticity, phenology, growth rate, represent differential criteria. For the GSIs along the entire study area, the vegetation needed both to mitigate the high summer temperatures with a very accentuated heat island effect, and to purify rainwater during heavy rainfall events. A list of native species consistent with the phytoclimatic characteristics was formulated, referencing the flora of the nearby wetland of the Variconi site (La Valva & Astolfi 1987-88). The analysis highlighted the contrast between the two design requirements, having to address in the same site summer aridity and excessive water flow, implying the use of xerophilic and hydrophilic species with opposite ecological requirements.

Moreover, plants used in green infrastructure have to withstand urban water pollutants (Pitt and Voorhees, 2002) from vehicular traffic (Rewitt, 2004). In the choice of species, requirements for ecosystem services and/or morpho-physiological characteristics were considered, to identify species performing many functions. For each of the identified species, the following ecological characteristics were selected: a) presence of leaves and/or flowers with aromatic properties; b) flowering period (phenology); c) for trees, the size of the leaves and of the individual at maturity. After this process both primary or secondary size trees such as linden (*Tilia sp.pl.*) and other species such as

Cercis siliquastrum L. with very showy flowers appeared in the list. For creepers only the choice was two non-native ornamental species.

Design solutions allowed the coexistence of plant communities with different characteristics and functions (Villareal et al., 2004). For shrub and tree species, xerophytes were selected including evergreen species such as *Quercus ilex*. In addition, planter design ensured the right volume of soil in order to decrease the effect of aridity typical of containers. For the phyto-purification system, the most efficient hydrophytes and hygrophytes were the genus *Juncus* (Syaniidou et al., 2017), along with riparian trees for shade of the genera *Salix* and *Populus*.

The entire design research was based on resetting the road cross sections to include the maximum extension of the cycle path beyond the sidewalk, and single or double rows of trees, with flowerbeds or GSI. This rationalized the paths and created route continuity considerably increasing safe cycling. The section of the SS7 bis under examination consists of a lane with variable width, often edged by a sidewalk, with buildings close together, lined with storefronts. Therefore, the artery can be classified as an urban neighbourhood street, according to the D.M 5 November 2001. The surrounding municipalities are densely populated and traffic counts collected in September 2019 from 7.30 to 9.30 a.m. show movement of about 1700 vehicles (4% commercial). The road profile is a single, almost flat, straightaway whose surface is mostly lower than the surrounding areas. The highly irregular road surface is flooded during intense rain events and has invisible potholes, pitfalls for vehicles, which infiltrate water into the substrate, producing a worsening of the irregularity of the street pavement, a hazard for the high-speed traffic that occurs at night.

The junction near the Median Axis is affected by high traffic flows coming from Aversa, the Median Axis and Giugliano; the most promising solution foresees two traffic circles at each ramp, with a better organized traffic flow, reducing intersection queues and speed. At the Ponte Mezzotta junction, connecting the SS7bis with the town of S.Antimo, the overpass is closed, causing inevitable delays and numerous accidents, made worse by three-armed intersection less than twenty meters away. At the end of the two ramps the project proposes two traffic circles, reducing speeds and deflecting the two main flows. At Civil Hospital of Aversa there is instead a very congested four-armed intersection where two branches of the SS7bis meet and vehicles move around a central ring. Two traffic circles have been introduced, lowering the circulation speed, although the arrangement of the area is limited by the surrounding buildings.

Given all the disciplinary contributions and the resulting increase of GSI, green and/or permeable surfaces, as well as

ghezza non costante; ai margini è spesso presente un marciapiede e quasi ovunque vi sono raggruppamenti di edifici a breve distanza fra loro ed esercizi commerciali. Pertanto, l'arteria è inquadrabile come strada urbana di quartiere secondo il DM 5 novembre 2001. I comuni circostanti sono densamente abitati e dati di traffico rilevati nel mese di settembre 2019 in orario mattutino, dalle 7.30 alle 9.30, mostrano un movimento di circa 1.700 veicoli (4% di tipo commerciale). La geometria della strada è costituita da un unico rettilineo quasi pianeggiante, in cui la superficie è quasi ovunque inferiore a quella delle aree circostanti e dove le maggiori velocità si rilevano nelle ore notturne.

Il piano viabile è fortemente irregolare e risulta allagato in occasione di eventi di pioggia abbastanza intensi, ritornando alla normalità dopo molte ore. Numerose buche spesso non visibili costituiscono insidie per la circolazione dei veicoli e per l'infiltrazione nel sottofondo di acqua, che produce ogni volta un peggioramento dell'irregolarità.

Il nodo in prossimità dell'Asse Mediano è interessato da elevati flussi di traffico provenienti da Aversa, dall'Asse Mediano stesso e da Giugliano; per migliorarne il deflusso veicolare sono state studiate più soluzioni. La più promettente prevede in corrispondenza di ciascuna rampa di collegamento all'Asse l'inserimento di due rotatorie, con effetti sia di una migliore organizzazione delle manovre, circostanza che porta a una riduzione delle code, sia di una riduzione delle velocità nel tratto. Al nodo di Ponte Mezzotta, relativo al collegamento della Strada Statale 7bis con la cittadina di Sant'Antimo, il sovrappasso presente è interdetto al traffico, provocando inevitabili rallentamenti e numerosi incidenti, anche dovuti a un'ulteriore intersezione a tre braccia distante meno di 20 metri. Anche in questo caso, in corrispondenza del termine delle due rampe, sono state previste due rotatorie, che riducono la velocità di percorrenza grazie alla deflessione dei due flussi principali, oltre a migliorarne l'organizzazione.

In corrispondenza dell'Ospedale Civile di Aversa vi è invece un'intersezione a quattro braccia in cui confluiscono due rami della Strada Statale 7bis, dove i veicoli si muovono intorno a un anello centrale, ma la circolazione non è del tipo a rotatoria e in molte ore del giorno l'area è interessata da elevato traffico. Di nuovo il nodo è stato sistemato mediante l'introduzione di due rotatorie, che determinano una bassa velocità di circolazione ma la sistemazione dell'area è stata fortemente condizionata dalla presenza degli edifici circostanti.

Alla luce di tutti gli apporti disciplinari e del risultante incremento di GSI, superfici verdi e/o permeabili, oltre che di alberi di alto fusto, il calcolo dei valori degli indicatori generali in scenario di progetto consente una verifica dei risultati della riqualificazione ambientale teoricamente sperimentata. Infatti, la quantità di acqua meteorica raccolta per un evento di 30 minuti con tempo di ritorno ventennale è del 100% della stima prevista (su 6.800 mc necessari, 8.567 ottenuti, di cui solo 1.214,04 ritenuti, depurati e in seguito lentamente rilasciati in fogna, 7.352,96 depurati e infiltrati verso la falda)³, la lunghezza totale dei percorsi ciclabili comuni è di 10,15 km per un incremento del 726%, il numero di alberi ad alto fusto aggiunti è di 2,651 per un incremento del 230%, l'indice di permeabilità dei suoli

3 Calcoli idraulici effettuati con il metodo dell'invaso a partire dai dati di pioggia stimati con metodo VAPI (Valutazione delle Piene in Italia).

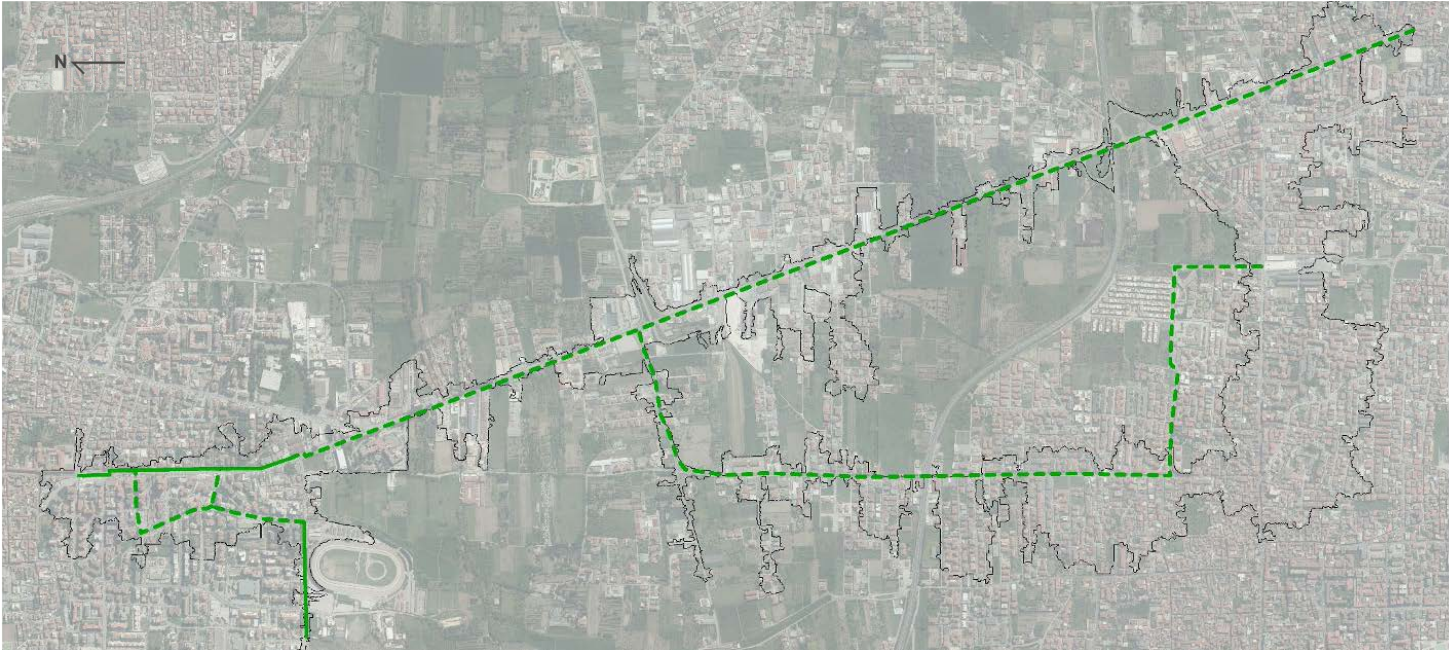


Fig. 25 - Estensione della ciclabilità sicura / *Safe cycling extension* (Source: Authors' elaboration).

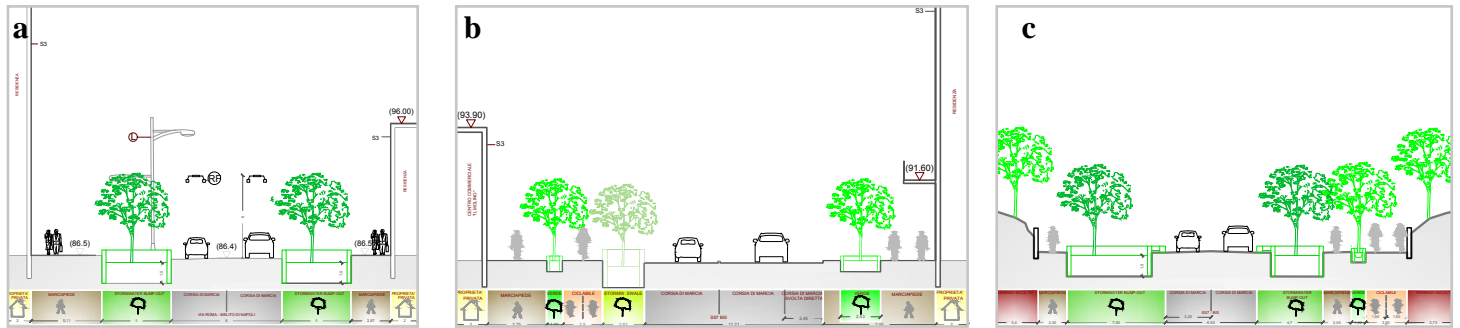


Fig. 26a, b, c - Sezioni stradali tipo di progetto / *Road sections project type* (Source: Authors' elaboration).

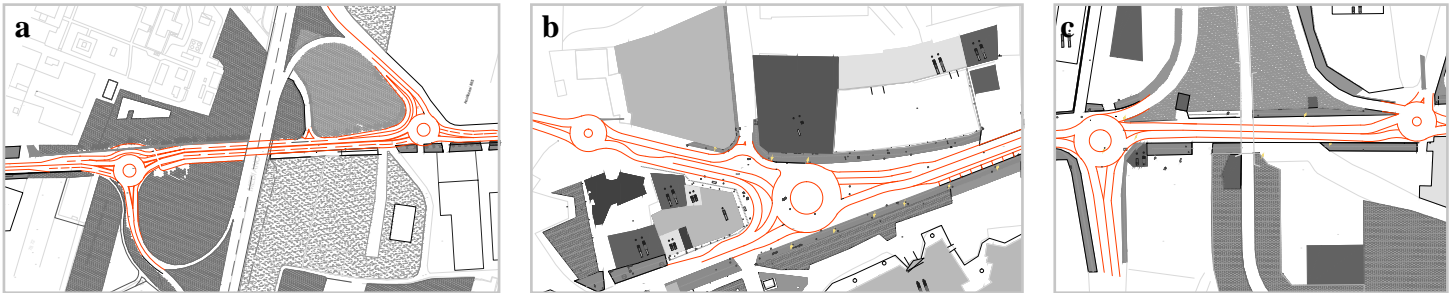


Fig. 27a, b, c - Soluzione di progetto per lo svincolo in zona ospedale (a), in zona Asse Mediano (b) e alle Colonne di Giugliano (c) / *Project solution for the junction in the hospital area (a), in the Asse Mediano area (b) and at the Giugliano Columns (c)* (Source: Authors' elaboration).

tall trees, the general indicator values of the projected scenario allow a verification of the results of the proposed environmental redevelopment. In fact, the amount of runoff water collected for a thirty-minute event with a 20-year return time is 100% of the expected estimate (out of 6,800 mc necessary, 8,567 obtained, of which only 1,214.04 is retained, purified and then slowly released into the sewer, and 7,352.96 purified and infiltrated towards the aquifer).³ The total length of the common bike paths is 10.15 kilometres for an increase of 726%, the number of tall trees added is 2651 for an increase of 230%, the permeability index rises 7.5% for an increase of 63.25% square meters. These values are further specified in the analyses and projects of the pilot areas which considered additional specific indicators.

4.5 PILOT PROJECTS ON SAMPLE AREAS

Starting with the main goal to study flood mitigation, the research also investigates microclimatic conditions and environmental comfort, to enhance the benefits produced by green streets, especially mitigating prolonged heat waves. Six surveys were conducted in areas chosen with hydrological, settlement, and usage criteria, for different degrees of urban centrality, bounded by the perimeters of the micro-basins groups. For these sample areas the environmental analyses include both close surveys with calculation of permeable surfaces and sun protection maps, RIE (Building Impact Reduction) and BAF (Biotope Area Factor). Virtual modelling with the fluid dynamic software ENVI-met, a three-dimensional microclimatic model that simulates surface-vegetation-air interactions in urban environment⁴, was compared with the results of the models by the software i-Tree Street, to verify the reduction of vulnerability levels and urban regenerative capacity.

We compare the specific indicators with the different configurations and available space in the sample areas, to define effective thresholds and transformability levels. Observing the resulting data -including the Predicted Mean Vote (PMV), potential, surface and mean radiant temperatures - we identified spaces needing tall trees and new paving materials to improve the existing conditions with GSIs.

The area of the Annunziata in Aversa extends for 23,650

³ Hydraulic calculations carried out with the reservoir method starting from the rain data estimated with V.A.P.I. method (Flood Assessment in Italy).

⁴ The simulations were based on the meteorological data of the two nearest ARPA control units in Aversa Centro and Casoria, for the hottest day of the year 2018 recorded on July 31st.

pubblici di progetto ha una crescita del 7,5 % per un incremento di metri quadrati del 63,25%. Tali valori sono ulteriormente precisati nelle analisi e nei progetti delle aree campione individuate, dove si sono considerati indicatori specifici aggiuntivi.

4.5 I PROGETTI DIMOSTRATORI SULLE AREE CAMPIONE

Pur con l'obiettivo principale di studiare contrasti ai frequenti fenomeni di allagamento, la ricerca indaga anche sulle condizioni microclimatiche e di *comfort* ambientale dei luoghi in esame, per potenziare i benefici indotti dalle *green street*, contrastando soprattutto le prolungate ondate di calore registrate durante la stagione estiva. Sei approfondimenti sono stati condotti in aree scelte con criteri idrologici, insediativi e fruitivi, per differenti indici di centralità e specificità nei contesti urbani, utilizzando la perimetrazione dei gruppi di micro-bacini già individuati. Per tali aree campione le analisi ambientali comprendono sia rilievi ravvicinati con calcolo di superfici permeabili e mappe di protezione solare, sia calcoli di RIE (Riduzione Impatto Edilizio) e BAF (*Biotope Area Factor*), sia modellazioni virtuali con il *software* fluidodinamico ENVI-met, modello microclimatico tridimensionale che simula le interazioni superfici-vegetazione-aria in ambiente urbano⁴, confrontandoli anche con gli esiti delle simulazioni realizzate con il *software* i-Tree Street, per verificare la riduzione dei livelli di vulnerabilità e la capacità rigenerativa urbana. Il riscontro avviene sia attraverso il confronto dei valori degli indicatori specifici, sia attraverso la comparazione di essi con le diverse condizioni di configurazione e di spazi disponibili nelle aree campione, per definire soglie di efficacia delle dimensioni degli interventi e gradi di trasformabilità. Osservando i dati risultanti - tra i quali in particolare il *Predicted Mean Vote* (PMV), le temperature potenziali, superficiali e medie radianti - si sono individuati spazi dove intensificare la presenza di alberi ad alto fusto e modificare materiali delle pavimentazioni per migliorare le condizioni esistenti nel prevedere l'installazione delle GSI.

L'area campione dell'Annunziata ad Aversa, estesa per 62.700 metri quadrati totali (23.650 mq di area pubblica), con indice 4 di centralità codificato per la ricerca, in zona territoriale omogenea di espansione, ha come limite settentrionale il centro storico segnato dalla Porta Napoli e dalla Real Casa dell'Annunziata, comprendendo parte del tracciato e una stazione della ex ferrovia Alifana, con vasti spazi pubblici attualmente poco e male utilizzati. A eccezione del monumento, l'edilizia risale tutta alla seconda metà del XX secolo; l'incrocio principale, che svincola cinque direttrici, rappresenta punto di riferimento urbano per la vita sociale, caratterizzata nell'area dall'Università e dalla zona residenziale, con circolazione prevalentemente carrabile. Il progetto prevede la destinazione a piccolo parco urbano dell'area di sedime della ferrovia, oltre a sostituzione della pavimentazione, implementazione dei filari di alberi lungo il tracciato principale e il posizionamento delle GSI. Ciò consente l'incremento di zone di sosta pedona-

⁴ Le simulazioni sono state condotte sulla base dei dati meteorologici delle due centraline ARPA più prossime di Aversa Centro e Casoria, per la giornata più calda dell'anno 2018 registrata in data 31 luglio.

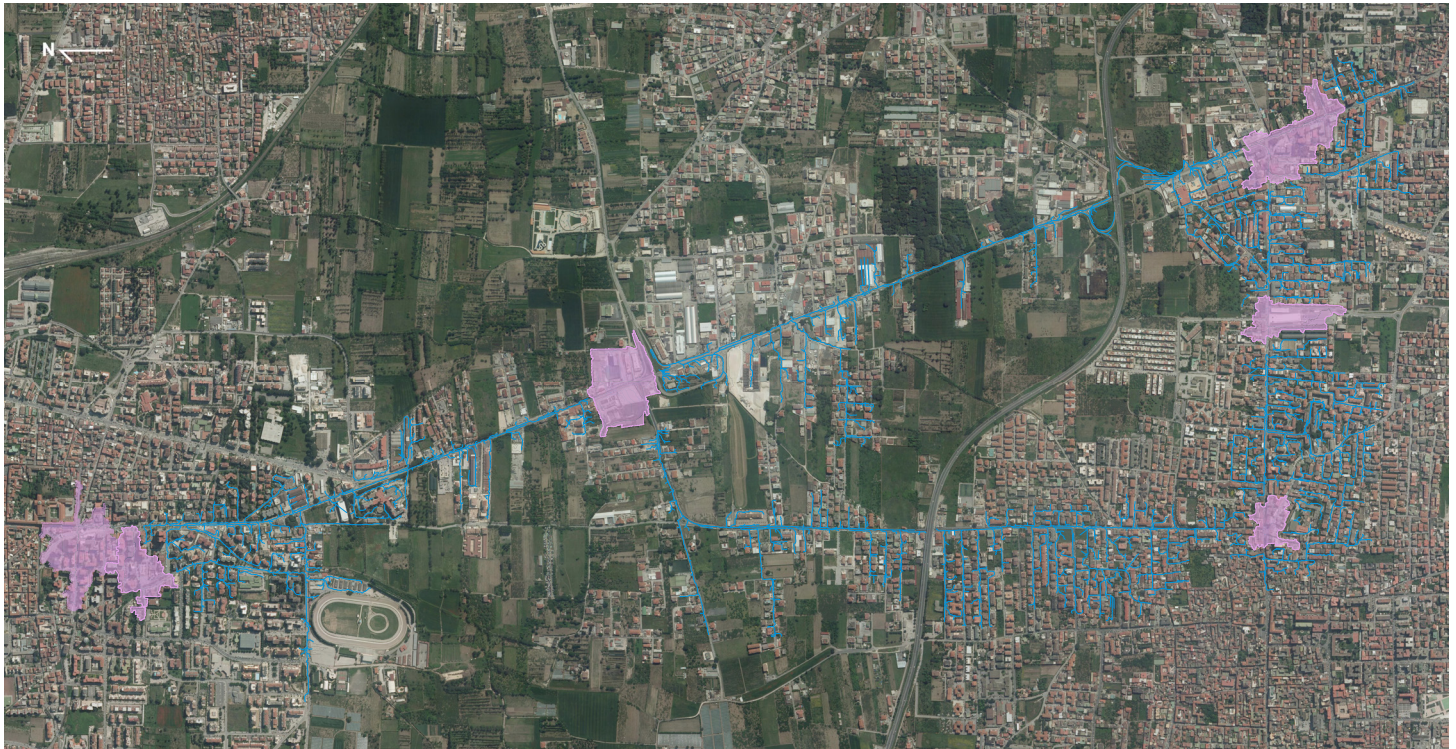


Fig. 28 - Localizzazioni delle aree campione di sperimentazioni pilota / *Sample areas locations for pilot experiments* (Source: Authors' elaboration).



Fig. 29 - Planimetria di progetto dell'area campione Aversa Annunziata / *Project plan of pilot area Aversa Annunziata* (Source: Authors' elaboration).



Fig. 30 - L'incrocio dell'Università / *The University crossroads* (Source: Authors' elaboration).



Fig. 31 - Sezione di progetto dell'area campione Aversa Annunziata / *Project section of sample area in Aversa* (Source: Authors' elaboration).

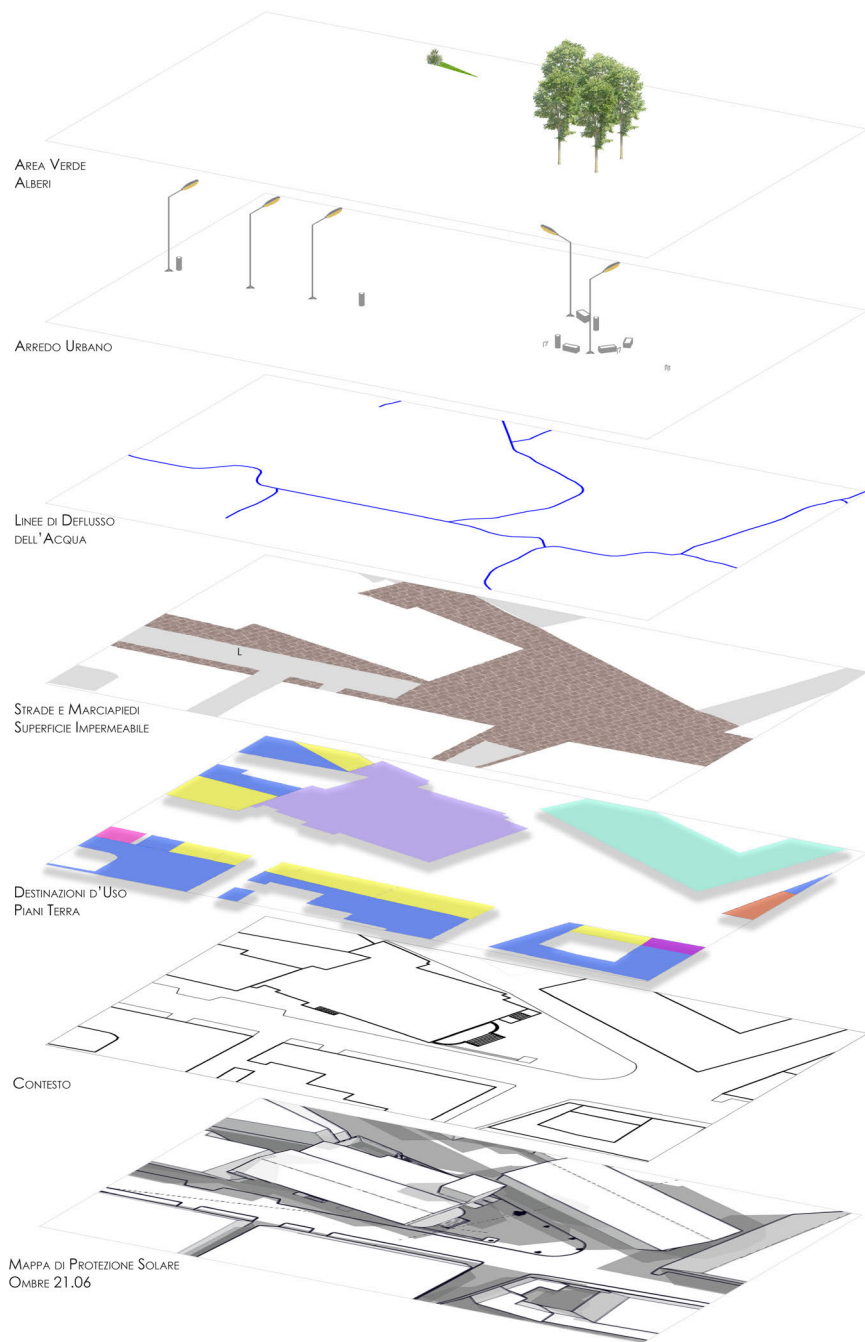


Fig. 33 - *Overlay delle letture tematiche dell'area campione S. Nicola a Giugliano / Overlay of the thematic interpretations for the sample area S. Nicola in Giugliano* (Source: Authors' elaboration).

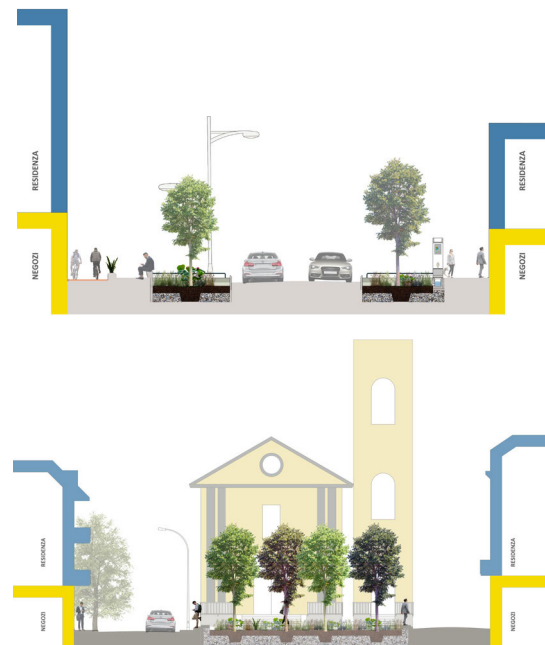


Fig. 32 - *Sezioni di progetto per le aree campione a Giugliano / Project sections for sample areas in Giugliano* (Source: Authors' elaboration).



Fig. 34 - *Planimetria dell'area campione S. Nicola a Giugliano / Plan for the sample area S. Nicola in Giugliano* (Source: Authors' elaboration).

le gradevole e ombreggiata, all'ingresso dell'Università come nel vicino parco e lungo la strada, fruibili dalla comunità accademica oltre che dai cittadini. L'incremento di superficie permeabile è del 135,51%, per le nuove alberature è del 200%; il valore di RIE, molto basso in partenza, aumenta del 150%, mentre quello del BAF del 64,18%. Il modello microclimatico mostra alcuni sensibili miglioramenti come quello delle temperature superficiali (35,45%) o degli elevatissimi valori massimi di PMV (4,4) che si riducono anche del 29%, pur dovendo fare attenzione ai valori di umidità relativa. I risparmi valutati dal modello di i-Tree Street prevedono incrementi percentuali molto soddisfacenti per la qualità dell'area e per il risparmio di energia.

L'area denominata Aversa Residenziale ha caratteristiche uguali alla prima, ma spazi aperti di dimensioni maggiori e flussi di utenza residenziali e terziari. Su 36.280 mq totali (area pubblica 13.309 mq), a differenza della prima, l'area ha già una certa dotazione di verde e sezioni stradali più larghe, ma in alcuni punti fa registrare indicatori di elevato *discomfort*. Un dislivello che si accentua verso sud distingue la zona della strada principale dalla quota superiore dell'insediamento, lungo il quale il sedime del tracciato ferroviario delinea un esteso spazio aperto migliorabile. Tutta la via Vito di Jasi offre una sezione trasversale con dislivello che stimola un progetto articolato di riorganizzazione del verde, sostituzione dei materiali di pavimentazione e posizionamento delle GSI. La disponibilità di spazi riqualificabili si riscontra nell'analisi degli indicatori che mostrano il notevole incremento di aree permeabili, dei valori di RIE, che, pur lontano dalla soglia del 4, sale del 355%. Cresce anche l'indice del BAF (111,4%), mentre le indagini microclimatiche mostrano i risultati più soddisfacenti nell'abbattimento degli elevatissimi valori di PMV (7,3) e di quelli della temperatura media radiante. I vantaggi stimati sono sempre elevati, in particolare per la qualità dell'aria e per il risparmio di energia.

La località di Ponte Mezzotta (con area campione di 60.700 mq totali di cui 11.536 mq pubblici) si trova al confine tra i Comuni di Aversa e Sant'Antimo, delle Province di Napoli e Caserta e degli indici di centralità codificati con 1 e 2. Tale condizione ne ha fatto un ambito di frontiera sin dai tempi dei regni di Capua e Napoli. Oggi alcuni esempi di architettura storica testimoniano un passato del tutto dimenticato: l'edificio dell'antica taverna, quasi irriconoscibile, mostra i suoi ingressi molto rialzati rispetto al livello stradale - probabilmente per i frequenti allagamenti - e l'avvio della strada che portava alla chiesa ormai avvolta dalla vegetazione. Solo la toponomastica suggerisce l'esistenza passata del ponte di Friano. Il progetto rimanda a queste memorie sottolineando l'incrocio con il cambio di pavimentazioni, con l'accentuata piantumazione rispetto alla nuova sezione tipo dell'arteria e i dispositivi di raccolta meteorica che delincono ampi spazi pedonali in un luogo oggi solo carrabile. Il ridisegno adattivo agli allagamenti invita alla sosta in spazi sicuri e confortevoli, mostrando i riferimenti storici dell'area e valorizzando la vicina preesistenza dell'antica chiesa.

L'incremento delle superfici permeabili è solo del 15%, ma è molto elevato quello delle alberature a filari. Meno evidenti rispetto agli altri casi sono gli incrementi di RIE e BAF, che tuttavia raggiungono in tal modo i valori accettabili di 3 e 0,35. Buoni sono i miglioramenti percentuali di PMV, temperatura superficiale e media radiante.

L'incrocio delle Colonne di Giugliano lungo la Strada Statale 7bis, tra gli indici

square meters of open space. Its Northern limit is the historic centre marked by the Porta Napoli and the Real Casa dell'Annunziata, including part of the route and a station of the former Alifana railway, with large public spaces currently poorly used. Except for the monument, the buildings date back to the second half of the twentieth century; the main crossroad, a junction of five routes, represents an urban landmark, characterized mainly by vehicular circulation. The project transforms the railway's areas into a small urban park, replaces the pavement, adds new trees along the main route and many GSIs. This allows the increase of pleasant and shaded pedestrian places, at the entrance of the university and in the nearby park. The increase in permeable surface area is 135, 51%, for new trees is 200%; the value of RIE, very low at the start, increases by 150 %, while that of BAF by 64.18%. The microclimatic model shows some significant improvements in the surface temperatures (35.45%) or the very high maximum values of PMV (4.4) that improve even by 29%. The I-Tree Street model foresees very satisfactory percentage increases for the quality of the area and energy savings.

The area called Aversa Residential has the same characteristics as the first one, but with larger open spaces and intense pedestrian and vehicular flows. 13,309 square meters of public area already have an extent of greenery and wider road sections, but indicators show elevated discomfort levels in some locations. A difference in elevation divides the main road from the upper part of the settlement, along which the railway track outlines a large, improved open space. The values show the significant increase in permeable areas, RIE values, which rises by 355%, although far from the threshold of 4. The BAF value also increases (111.4%), while the microclimatic values show the most satisfactory results in the abatement of the very high values of PMV (7.3) and those of the average radiant temperature. The estimated advantages are consistently high for air quality and energy saving.

Ponte Mezzotta (with 11,536 square meters of public area) is on the border between the municipalities of Aversa and Sant'Antimo, the provinces of Naples and Caserta, since the times of the kingdoms of Capua and Naples. Today some examples of historical architecture testify to a forgotten past: the unrecognizable building of the ancient tavern shows its entrances raised above the street level - probably due to the frequent flooding - and the start of the road leading to the church now surrounded by vegetation. Only the toponym suggests the past existence of the Friano bridge. The project recounts this past with the pavements, planting and devices that outline large pedestrian spaces. The redesign, adapted to flooding, invites pausing in comfortable spaces, viewing the historical places and the nearby ancient church. The increase of the permeable

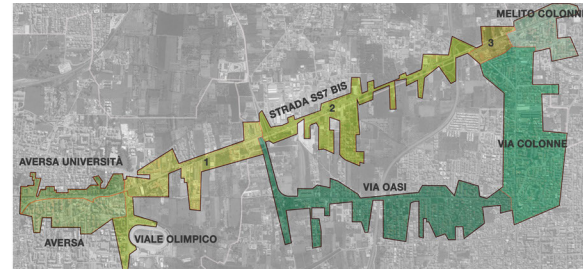
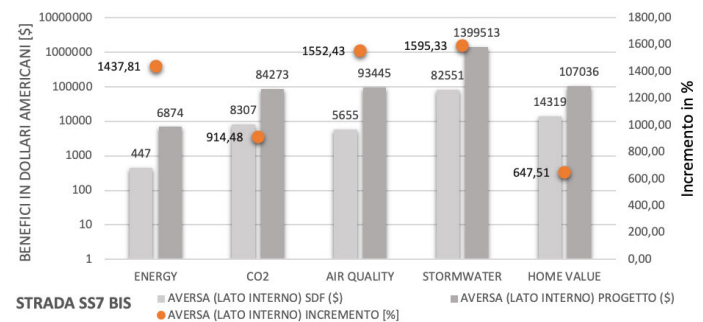
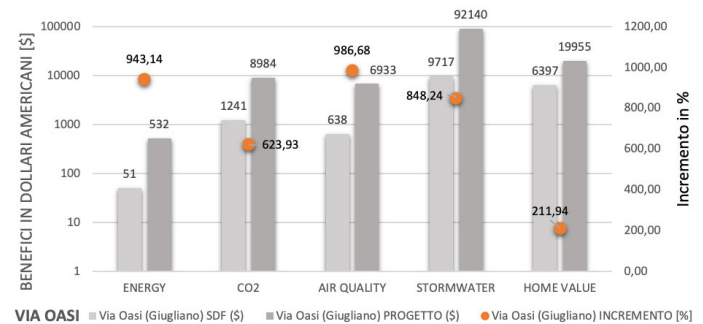
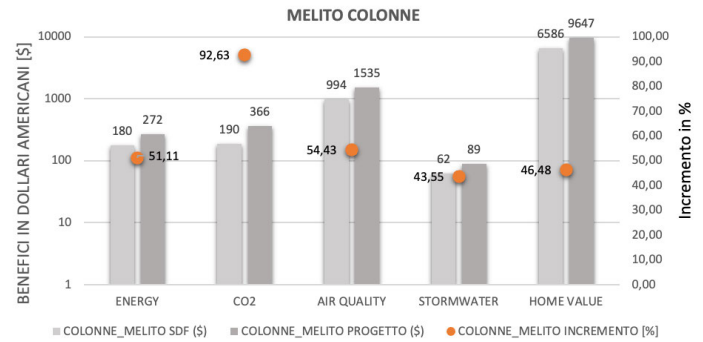
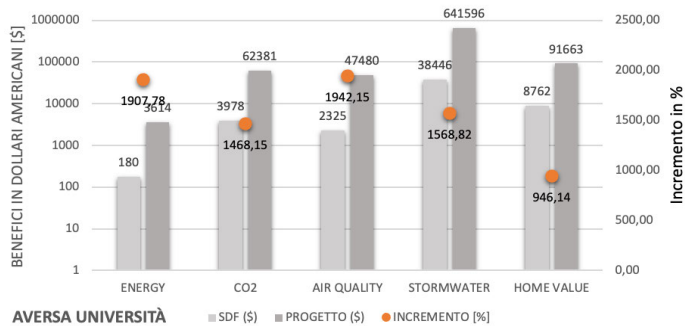
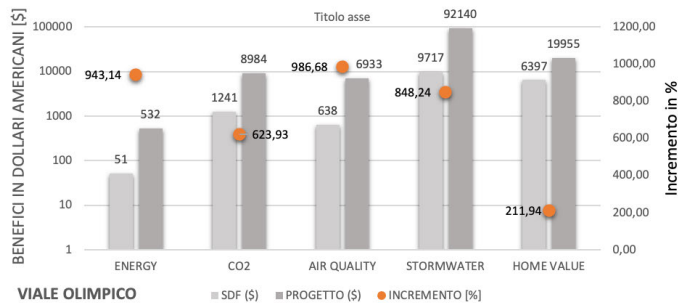
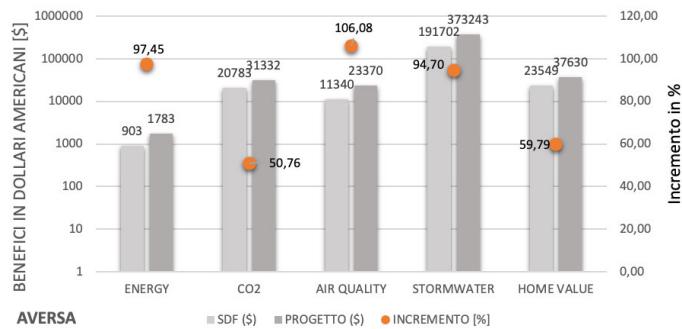
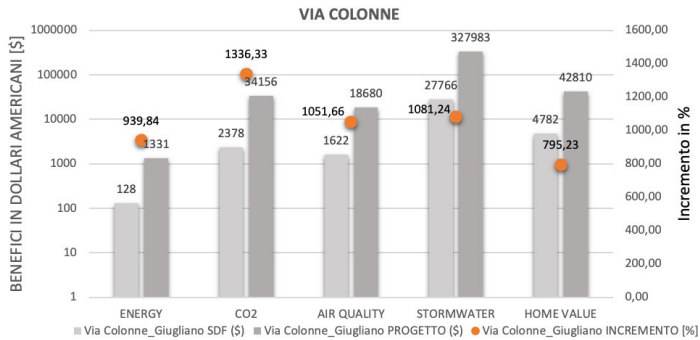


Fig. 35 - Aree di rilievo e catalogazione della vegetazione esistente realizzata mediante software i-Tree Street / *Survey and catalogue areas of existing vegetation using i-Tree Street software* (Source: Authors' elaboration).



Tab. 1 - Rapporto tra i benefici annuali del patrimonio di alberi esistenti e di progetto (i-Tree Street) / *Ratio between the annual benefits of existing and project tree stock (i-Tree Street)* (Source: Authors' elaboration).

4 e 5 di centralità, presenta il *landmark* ottocentesco conosciuto alla scala più vasta; confine della zona centrale di Melito, è riportato nella cartografia storica come un luogo di attraversamento. Un tempo stazione del sistema di tram della Regione, oggi costituisce un coacervo di edilizia novecentesca, dove si snodano, oltre alla strada statale, la via Colonne verso la città di Giugliano, la direttrice verso il Comune di Sant'Antimo e la strada obliqua di via S. Di Giacomo, trafficata sebbene minore. Tra i larghi marciapiedi ai margini, si determinano frequenti ingorghi, differenziati nella provenienza dei flussi a seconda delle ore della giornata. Il recupero urbano dello spazio di percorrenza ha previsto la riorganizzazione del traffico, insieme con la piantumazione dei filari e il posizionamento dei dispositivi di drenaggio. Su 64.400 mq totali e un'area pubblica di 15.686 mq, l'incremento delle superfici permeabili è del 150% e triplica il numero di alberi. I valori di RIE e BAF, pur restando al di sotto dei requisiti minimi, registrano notevoli incrementi percentuali; molto soddisfacenti sono i correttivi di PMV (che parte da 6,29), temperature superficiali, potenziali e medie radianti. I risparmi previsti nella zona riguardano un incremento del 92,63% per la riduzione della CO₂ e di circa il 50% per gli altri aspetti.

L'area campione Metro Giugliano (32.450 mq totali, pubblici 7.032 mq) è invece al confine tra gli indici 4 e 5 di centralità lungo la strada stretta e trafficata di via Colonne, nel dopoguerra ancora circondata da campi. La scelta del luogo dipende soprattutto dal suo valore di aggregazione e dalla frequenza di attraversamento. I sistemi di drenaggio e depurazione, così come l'intensificazione della piantumazione si inseriscono intorno alla nuova stazione che presenta spazi esterni risultanti dall'incontro tra il tessuto preesistente e la morfologia impostata. Si coglie pertanto l'occasione di "completare" la sistemazione e verificarne gli esiti attraverso gli indicatori: un aumento delle aree permeabili del 35% e un raddoppio degli alberi presenti si affiancano a un valore di RIE che incrementa del 41% come quello del BAF. Ottimi risultati si registrano nella correzione di altissimi valori di PMV, riportati al di sotto del 2 e negli abbassamenti notevoli di tutte le temperature, soprattutto medie radianti.

Lo spazio aperto antistante la Chiesa di S. Nicola, all'incrocio con via Giardini, via S. Vito e vico Mancini si trova, invece, nel centro storico della città di Giugliano, a una delle confluenze delle acque provenienti dalle colline a nord di Napoli. Nei 20.100 mq totali dell'area campione (area pubblica 4.585 mq) il tracciato delle acque ruscellanti è ancora leggibile in quello della strada e le sezioni trasversali rimandano a rapporti di UAR molto alti. Le simulazioni *ex ante* mostrano livelli di PMV e temperature molto elevati, che oltre a indicare l'area di intervento hanno suggerito di controllare sia le aree drenanti, sia la maggior piantumazione possibile anche lungo via Colonne. L'intervento previsto si è basato anche sulla mappa di protezione solare che mostra una zona sempre in ombra a lato della chiesa, suggerendo un particolare posizionamento degli alberi. In tal modo si sono ottenuti valori di correzione molto soddisfacenti per il PMV e la temperatura media radiante, aumentando dell'88% le aree permeabili. Il valore RIE molto basso in partenza viene quasi raddoppiato, così come il BAF che arriva a sfiorare i livelli minimi.

Tale estesa utilizzazione delle modellazioni, pur con valore indicativo attendibile e denso di spunti, deve tuttavia tenere conto di possibili margini di imprecisione dovuti alle temperature di riferimento scelte tra i picchi climatici registrati nelle lontane centraline esistenti, alla mancanza di statistiche trentennali indicanti ten-

surfaces is only 15%, but the increase of the row trees is very high. The increases in RIE and BAF are less than in the other cases but reach acceptable values of 3 and 0.35. The percentage improvement of PMV, surface temperature and mean radiant temperature are positive.

The intersection of the Giugliano Columns along the State Road 7 bis presents the most well-known nineteenth-century landmark of the study area. This edge of the central area of Melito is noted in the historical cartography as a crossing. Once a streetcar station, today it is a jumble of twentieth-century buildings. The urban redesign of the space has reorganized traffic, planting, and the position of drainage devices. On a total of 64,400 square meters and a public area of 15,686 square meters, the increase of permeable areas is 150% and triples the number of trees. The values of RIE and BAF, while remaining below the minimum requirements, show significant increases; the corrections of PMV (starting from 6.29), surface temperatures, potential and average radiant temperatures are very satisfactory. The savings expected in the area concern an increase of 92.63% for the reduction of CO₂ and about 50% for the other aspects.

The sample area Metro Giugliano (7,032 square meters of public surface) is along the narrow and busy street Via Colonne. The drainage and purification systems, as well as the new planting are around the station. The indicators show an increase in permeable areas of 35% and a doubling of the trees, flanked by a RIE value that increases by 41% as well as the BAF. Excellent results are recorded in the correction of very high values of PMV, reported below 2 and considerable decrease of temperatures.

The open space in front of the Church of S. Nicola is in the historic centre of Giugliano, at one of the confluences of water from the hills North of Naples. In the total 4,585 square meters of the public area the path of the water flow is still readable, and the cross-sections refer to very high UAR ratios. The simulations show very high PMV levels and temperatures, suggesting controlling both the draining areas and planting along Via Colonne. The intervention was based on the sun protection map showing an area always in shadow at the side of the church, suggesting the positioning of the trees. In this way we obtained very satisfactory correction values for PMV and average radiant temperature, increasing by 88% the permeable areas. The very low RIE value at the start is almost doubled, as well as the BAF that comes close to the minimum levels.

This extensive use of modelling, based on reliable indicator values and revealing a rich array of analyses, must consider possible margins of inaccuracy due to the choice of reference temperatures recorded in the existing remote-control units,

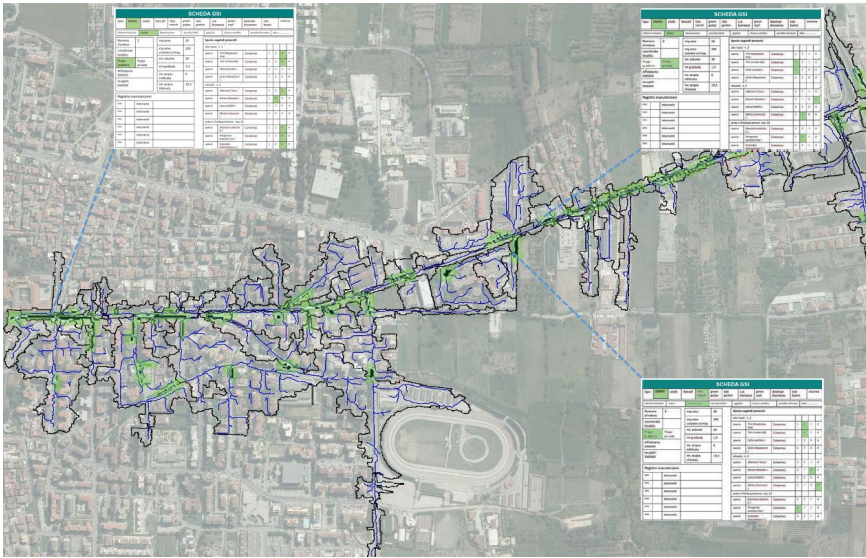


Fig. 36 - Progetto GIS con data base su GSI previste / GIS project with planned GSI data-base (Source: Authors' elaboration).

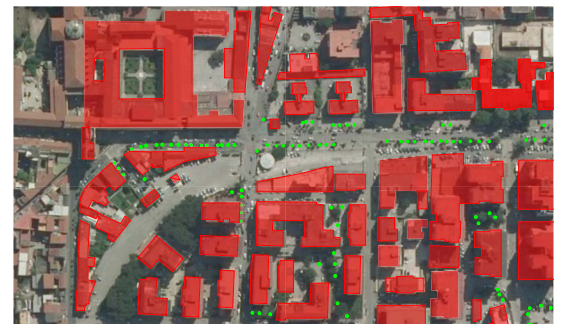
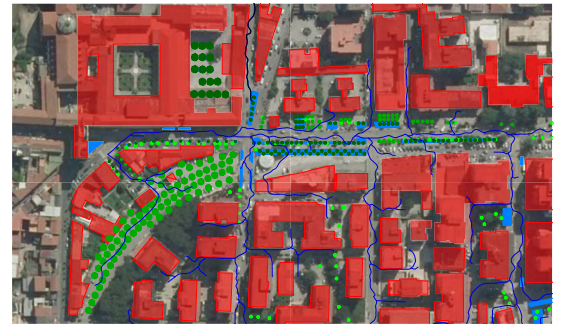


Fig. 37 - Mappe di protezione solare dell'area campione Aversa Annunziata: a) solstizio d'inverno, b) solstizio d'estate, c) equinozio / Sun protection maps of pilot area Aversa Annunziata: a) winter solstice, b) summer solstice, c) equinox (Source: Authors' elaboration).

Fig. 38 - Stralci di tematizzazioni basate sul GIS / Excerpts of GIS based thematic layering (Source: Authors' elaboration).

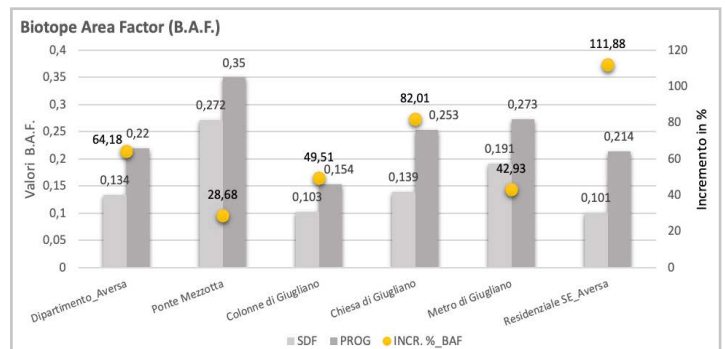
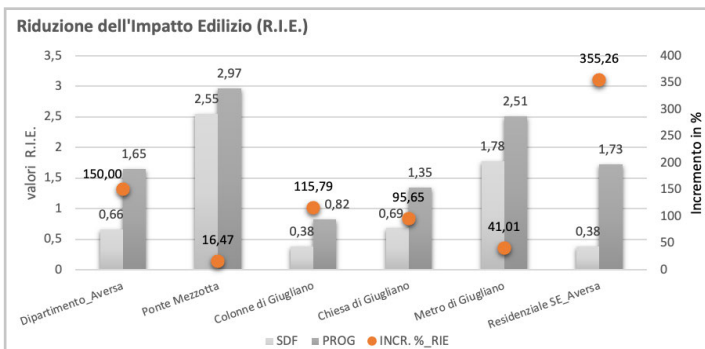


Fig. 39 - Variazioni degli indicatori specifici delle aree campione / Specific indicators variations in the sample areas (Source: Authors' elaboration).

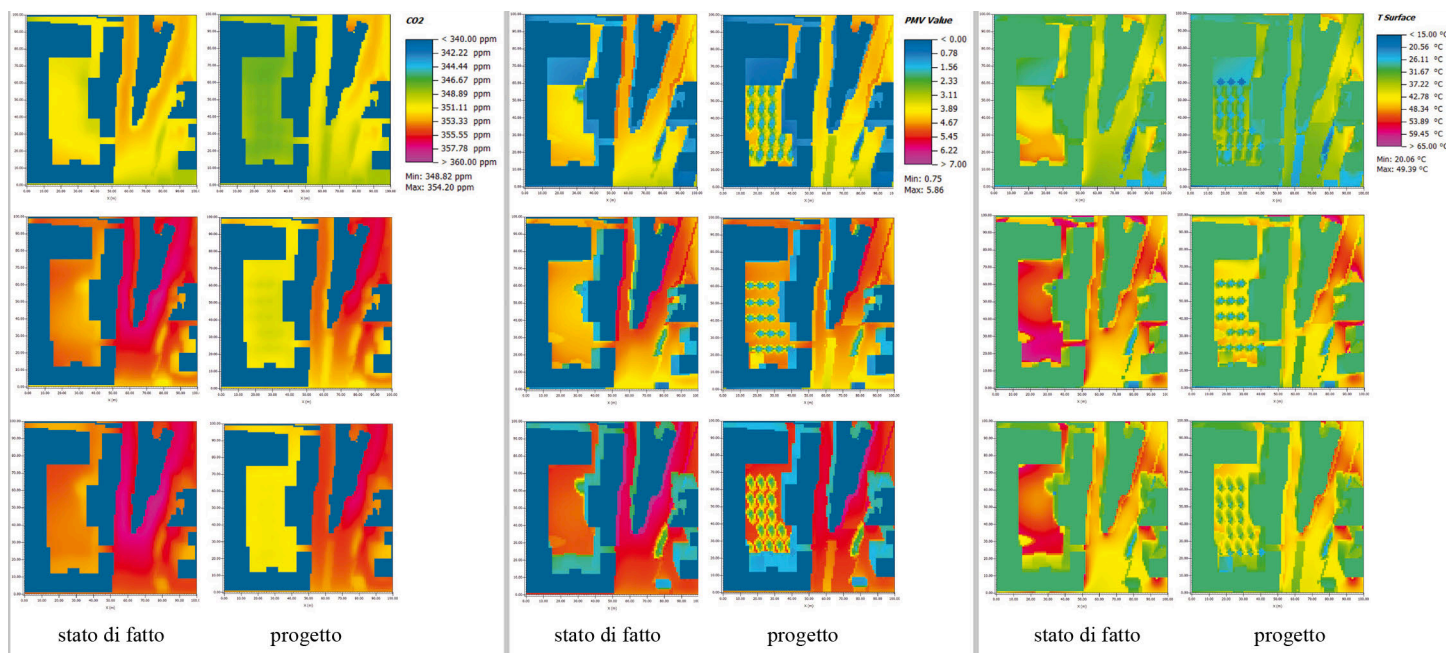


Fig. 40 - Modellizzazioni del cortile dell'Annunziata con *software* ENVI-met / *Modelling of the Annunziata courtyard with ENVI-met software* (Source: elaboration by P. Ferrara & S. Giacobbe).

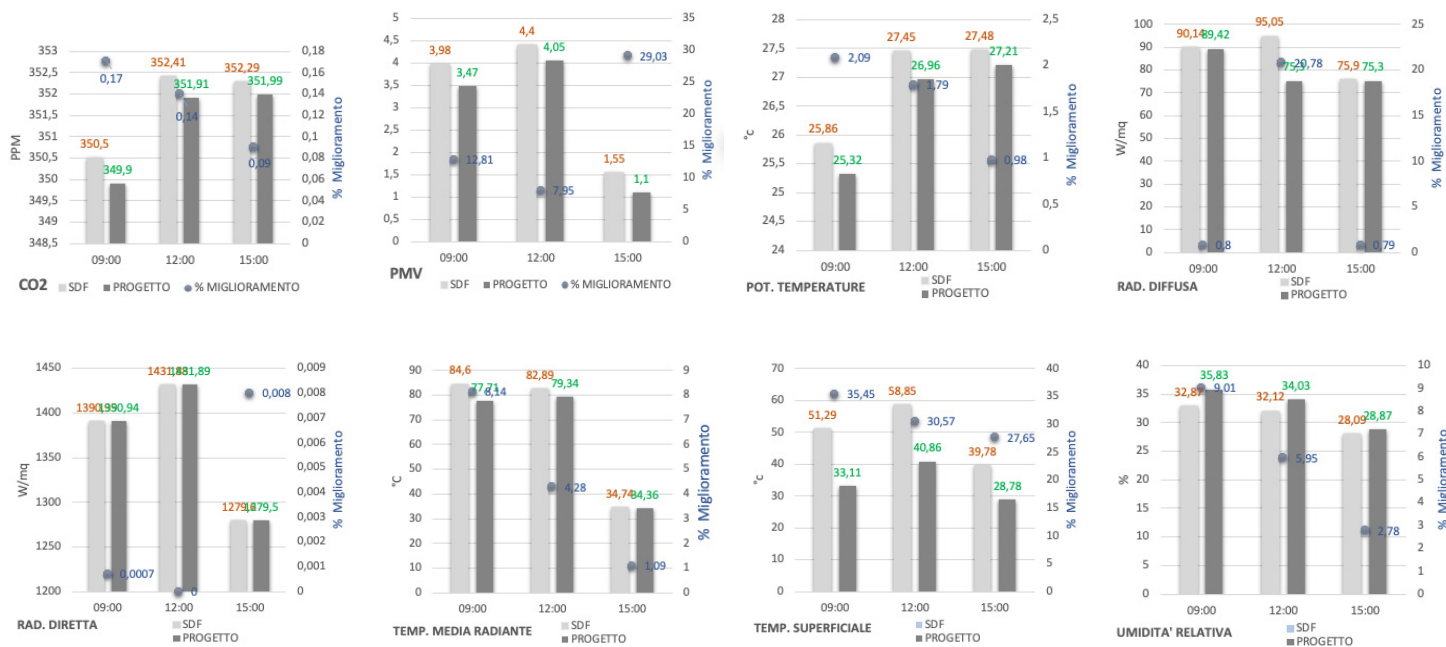


Fig. 41 - Area campione Aversa Annunziata: risultati della modellazione mediante *software* ENVI-met./ *Aversa Annunziata pilot area: ENVI-met modeling results* (Source: Authors' elaboration).

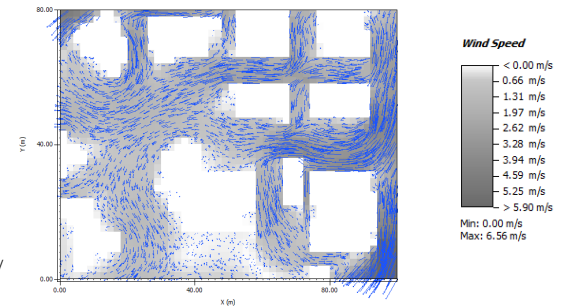
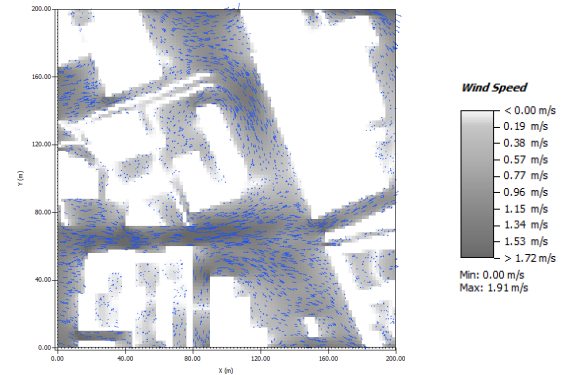
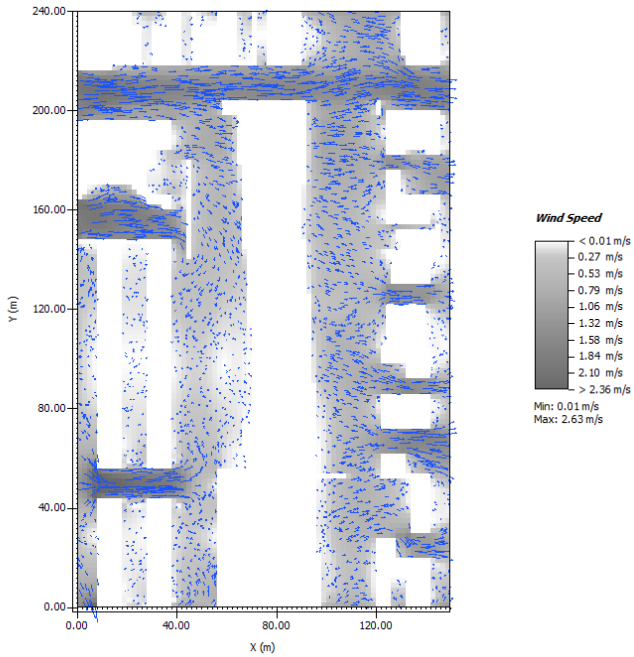
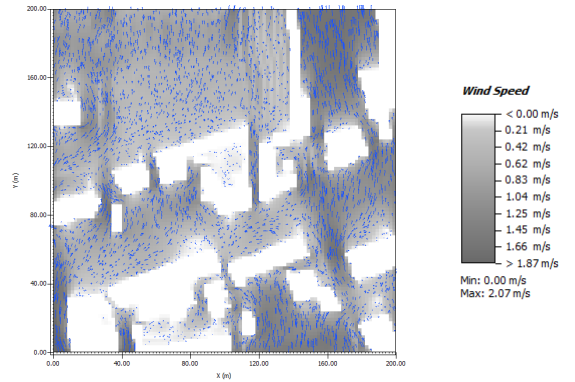
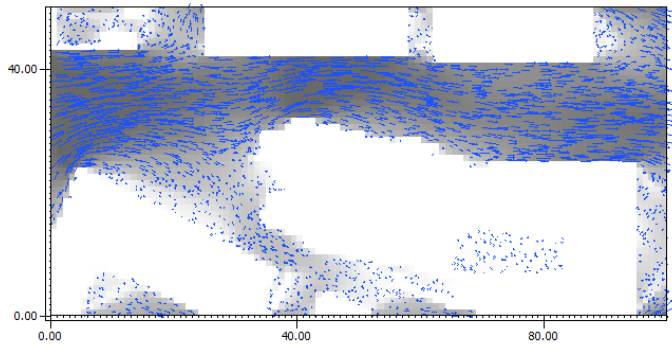
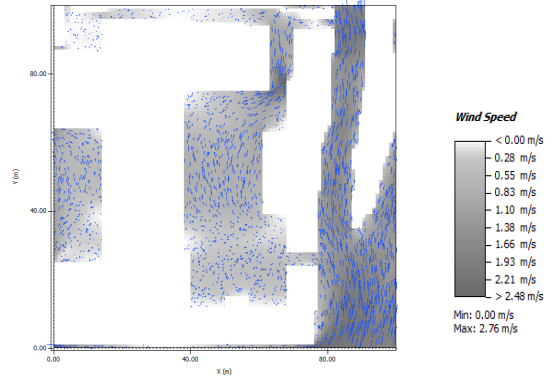
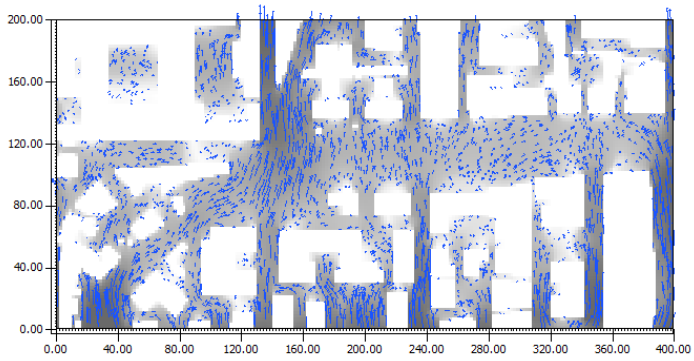


Fig. 42 - Modellizzazioni della velocità del vento nelle aree campione con *software ENVI-met / ENVI-met software wind speed models in the pilot areas* (Source: Authors' elaboration).

denze evolutive, alla necessità di *hardware* di elevata potenza per gestire la mole di dati raccolti e implementabili. Tuttavia, la definizione di tali progetti dimostratori ha consentito di perfezionare il *framework* generale del progetto strategico con dati di ingombri, volumi idrici, attrezzature, quantità e specie di piante dal proprio ruolo specifico, stima degli effetti benefici indotti e dei costi, riportati per tipologia, oltre che per i diversi ambiti amministrativi. La distinzione tra le GSI in cui l'acqua meteorica è infiltrata o ritenuta, oltre a restituire bilanci idraulici diversi, differenzia quelle realizzabili indipendentemente dai sottoservizi, con costi, difficoltà e tempi di intervento molto minori. I valori ricavati per i quattro Comuni mostrano percentuali molto più elevate di GSI infiltranti (a meno del caso del Comune di Giugliano, dove l'area di studio interessa principalmente sezioni stradali ristrette con contiguità di edificato); pertanto la modellazione indica che l'avvio della realizzazione di tali dispositivi meno onerosi porterebbe in breve tempo a risultati molto positivi.

4.6 SUL CORTILE DELLA REAL CASA DELL'ANNUNZIATA AD AVERSA (CE)

Altra sperimentazione dal potenziale impatto rapido e positivo è stata individuata concentrandosi su uno degli spazi aperti collettivi più significativi dell'area campione di Aversa, ovvero il cortile del complesso monumentale della Real Casa dell'Annunziata, sede del Dipartimento di Ingegneria dell'Università degli Studi della Campania Luigi Vanvitelli. In occasione delle riflessioni dell'Ateneo sul recupero del luogo, di 1900 mq. oltre a un vasto spazio porticato prospiciente, si è proposto di applicare i criteri di progettazione ecocompatibile propri della ricerca, per verificare potenzialità e criticità, oltre a tentare la realizzazione di un *living lab* in un contesto che ne trarrebbe grande vantaggio.

La storia del monumento riserva cronache anche per questo spazio aperto. L'istituzione di beneficenza, con orfanotrofio e ospedale, della Real Casa dell'Annunziata svolge un ruolo fondamentale nello sviluppo urbano di Aversa, anche attraverso le secolari trasformazioni dell'edificio, basti pensare alla realizzazione del settecentesco arco di collegamento con la torre campanaria, divenuto simbolico ingresso alla città. Nel 1440, Alfonso il Magnanimo concede all'Annunziata il privilegio di una "fiera" per il mercato, lungo il tratto della "strada regia" su cui prospetta il complesso, attuale via Roma, determinando l'ulteriore espansione a est dell'impianto urbano e la nascita del quartiere del Lemitone (Amirante, 1998). Il complesso monastico dell'Annunziata è completamente trasformato a partire dal 1845, a opera di Gennaro Gaudiosi (De Falco, 2018). Nel 1868, Giovannangelo Limoncelli, direttore del manicomio Fleurent, è eletto Medico Capo dell'ospedale dell'Annunziata, apportando importanti migliorie nell'ospedale. Tra le attività dedicate alla cura della salute, va segnalata la moderna destinazione a idroterapia per gli infermi di una zona del complesso. In anticipo rispetto agli insegnamenti del dottor Kneipp, nel 1873 i governatori dell'Annunziata approvano il progetto dell'ingegnere Cesare Carrano per aprire «una sala balneare ed idroterapica pel bene della famiglia del pio luogo», posta nell'ampia corte a sud, rispetto a quella con lo scalone.

Anche le planimetrie storiche, pertanto, fanno parte delle letture tematiche di dettaglio: inoltre, studi morfologici, orientamento, modellizzazioni di PMV, tem-

the lack of thirty-year statistics indicating evolutionary trends, and the need for high-power hardware to manage the amount of collected data.

However, these demonstration projects allowed refinement of the general strategic framework with dimensions, water volumes, equipment, quantity and species of plants, estimating the induced beneficial effects and costs for the different cities. The distinction between the GSI where rainwater is infiltrated or retained demonstrates effective alternatives to sewers, with lower costs, fewer difficulties, and faster, less disruptive, implementation. The GSI projects would lead to very positive results in a short time period.

4.6 ON THE COURTYARD OF THE REAL CASA DELL'ANNUNZIATA IN AVERSA (CE)

Another experimental site with a potentially rapid and positive impact forms one of the most significant collective open spaces in Aversa: the courtyard of the monumental complex of the Real Casa dell'Annunziata, the venue of the Department of Engineering of the University of Campania Luigi Vanvitelli. During the University's reflections on the redesign of the site (1900 square meters in addition to a large portico), we applied the eco-design criteria of the research project to document potential and critical issues and create a living lab.

The history of the monument shows that the charity institution, with orphanage and hospital, of the Real Casa dell'Annunziata played a fundamental role in the development of Aversa, such as the eighteenth-century arch with connecting the bell tower, the symbolic entrance to the city. In 1440, Alfonso il Magnanimo granted the Annunziata the privilege of a market "fair," along the stretch of the "strada regia," on which the complex faces, spurring further urban expansion to the East and the birth of the Lemitone District (Amirante, 1998, pp. 208-220).

The Annunziata monastic complex was completely transformed in 1845 by Gennaro Gaudiosi (De Falco, 2018, pp. 213-221). In 1868, Giovannangelo Limoncelli, director of the Fleurent Asylum, was elected Chief Physician of the Annunziata Hospital, bringing important improvements. Among the notable features dedicated to health care was the 1873 hydrotherapy plant. In advance of Dr. Kneipp's teachings, the governors of the Annunziata approved engineer Cesare Carrano's project to open "a bathing and hydrotherapy room for the good of the family of the pious place," located in the large courtyard to the South.

Besides the site history, the thematic investigations include morphological studies, orientation, modelling of PMV, average

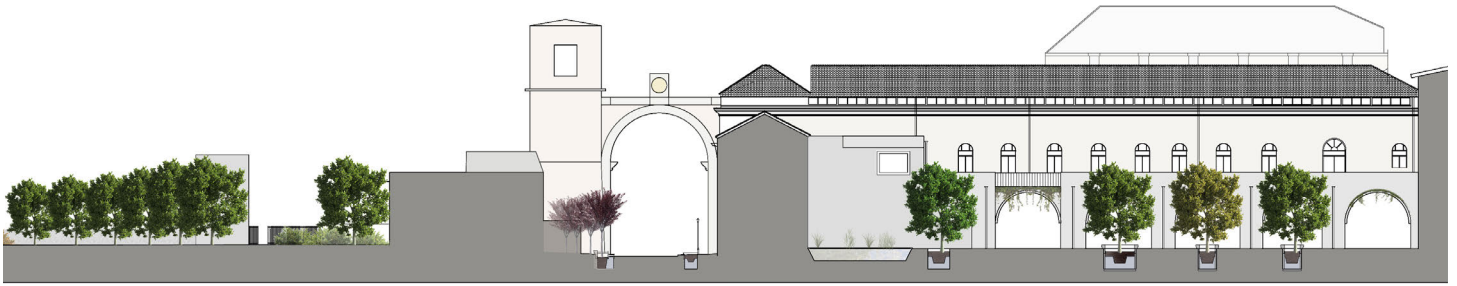


Fig. 43 - Riqualficazione del cortile dell'Annunziata: sezione longitudinale / *Renovation of the Annunziata courtyard: longitudinal section* (Source: Authors' elaboration).



Fig. 44 - Riqualficazione del cortile dell'Annunziata: sezione trasversale / *Renovation of the Annunziata courtyard: cross section* (Source: Authors' elaboration).

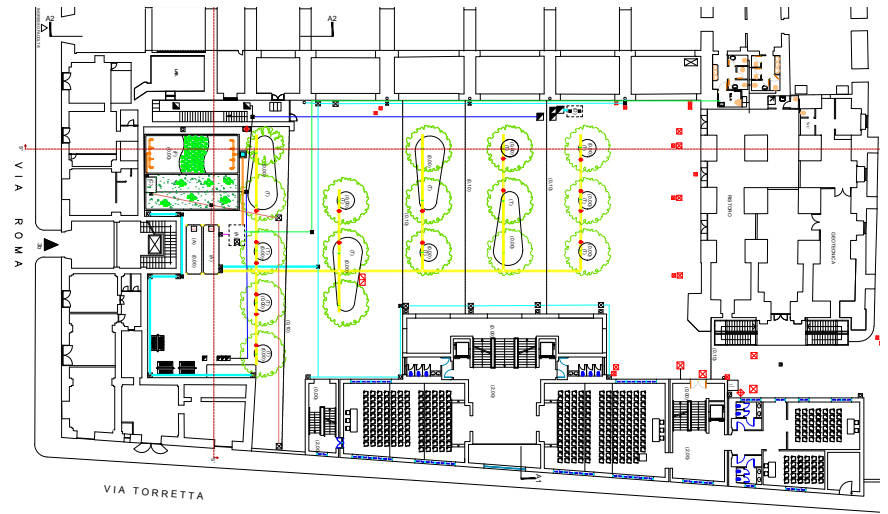


Fig. 45 - Planimetria del progetto idraulico di recupero delle acque meteoriche / *Plan of the hydraulic project for the rainwater harvesting* (Source: Authors' elaboration).

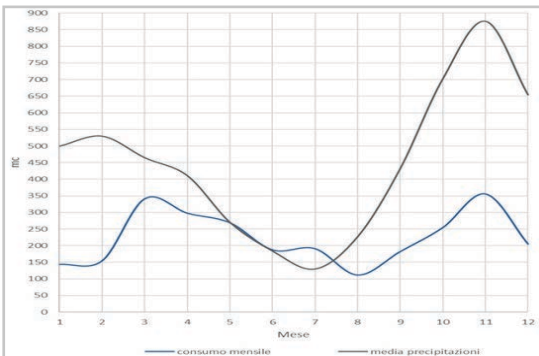


Fig. 46 - Sovrapposizione su base mensile delle curve di volume d'acqua stoccabile e consumato / *Overlapping of stored and consumed water volume curves on monthly basis* (Source: Authors' elaboration).

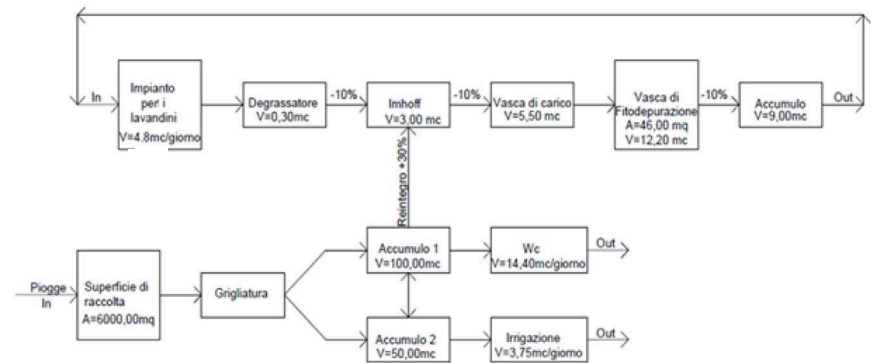


Fig. 47 - Schema di funzionamento dell'impianto di stoccaggio, fitodepurazione e riutilizzo / *Operating diagram of the storage, phyto-purification and reuse plant* (Source: Authors' elaboration).

perature medie e superficiali, umidità relativa e CO₂ hanno mostrato la necessità di proteggere e raffrescare, ombreggiando l'area e la parete esposta a sud, per favorire la fruizione dello spazio. Gli indicatori scelti per valutare il progetto sono la percentuale di acqua di pioggia raccolta, la disponibilità di zone pedonali e ciclabili fruibili, i valori di RIE e BAF, PMV, CO₂, Temperatura Media Radiante, Temperatura Superficiale, ma non l'aumento di permeabilità del suolo in quanto ci si trova in area non adatta all'infiltrazione. Si è previsto di porre a dimora alberi spoliati ad alto fusto in asse alle aperture dei grandi archi, per proteggere anche gli spazi filtro del porticato, prevedere frangisole ricoperti di rampicanti e aiuole con arbusti bassi per delineare spazi di sosta differenziati. Ai piedi degli alberi *tree-pit* concorrono alla raccolta dell'acqua meteorica, mentre per correggere i valori di albedo e radiazione si è prevista pavimentazione in pietra chiara.

Inoltre, poiché la gestione della risorsa idrica assume notevole rilievo in un popolato Dipartimento con aree esterne da pulire o irrigare quotidianamente e per di più i modelli dimostrano che il cortile scarica le acque di pioggia verso la sede stradale esterna, si sono progettati impianti di: a) stoccaggio delle acque meteoriche precipitate su tetti, terrazze e piazzale; b) fitodepurazione delle acque provenienti dagli scarichi dei lavandini; c) riutilizzo delle acque depurate per irrigare, rifornire i servizi del piano terra e per la pulizia dei piazzali. Il dimensionamento dell'impianto di stoccaggio è stato eseguito studiando le variazioni della richiesta idrica, in funzione del periodo stagionale e delle aree a verde. Per lo studio della richiesta idrica da parte della componente uomo (servizi) è stato analizzato il calendario didattico delle lezioni del Dipartimento e il grado di affluenza da parte degli utenti. Inoltre, con riferimento ai dati pluviografici si sono considerate le medie di pioggia mensili della città di Aversa. Per l'area colante del sito pari a circa 6.000 mq, utilizzando un coefficiente di afflusso pari al 90% è stata effettuata la stima dei volumi di stoccaggio ottimale, con approccio variazionale su base mensile, confrontando i consumi irrigui e quelli igienici con la disponibilità di acqua da accumulare. La sovrapposizione delle curve di consumo mensile e media precipitazioni indica che un volume di stoccaggio da 400 mc è una soluzione ottimale, in quanto, oltre a dare la possibilità di immagazzinare l'acqua necessaria durante ciascun ciclo mensile, garantisce anche capacità di compenso per i periodi di aridità. Pertanto, la linea di stoccaggio progettata è costituita da vasche interrato per una superficie di circa 70 mq, con una capienza complessiva di 150 mc suddivisa in due macro-volumi. La linea di fitodepurazione è costituita dal bacino di circa 70 mq nella zona ovest del piazzale e da una serie di elementi interrati (degrassatore, vasca Imhoff, vasca di carico e vasca di stoccaggio finale). La linea produce 4,6 mc di acqua depurata al giorno e raccoglie all'interno della vasca di stoccaggio un massimo di 10 mc. Per il dimensionamento della superficie del bacino di fitodepurazione è stato adottato il metodo di Reed, Crites & Middlebrooks (ISPRA, 2012). È stata effettuata, inoltre, un'analisi costi-benefici per valutare la fattibilità tecnico-economica del progetto, confrontando quattro soluzioni per i volumi di stoccaggio (da 100, 150, 200 e 400 mc), costi fissi e variabili, ricavi, quote di ammortamento annuo, identificando in un volume pari a 150 mc la soluzione migliore per soddisfare la richiesta idrica giornaliera di circa 600 utenti, evidenziando come anche con bacini di utenza ridotti e multiutenze si abbiano benefici economici e ambientali. Questi volumi d'acqua sono inoltre sottratti al ruscellamento superficiale stradale, contribuendo a scongiurare i fenomeni di allagamento.

and surface temperatures, relative humidity and CO₂ that show the need to protect and cool, shading the area and the wall facing South.

The indicators guiding the project are the percentage of collected rainwater, the availability of pedestrian and bicycle areas, RIE and BAF values, PMV, CO₂, Average Radiant Temperature, Surface Temperature, but not permeability because the area is not suitable for infiltration. The plan provides plant tall trees on axis with the openings of the large arches, to protect and screen the arcade spaces, and sunshades covered with creepers, and flowerbeds with low shrubs. The tree wells collect rainwater, while paving in light-colored stone corrects the values of albedo and radiation.

Since the management of the water resource is a central concern of the very large cohort of faculty and students, and as the courtyard wastefully discharges rainwater towards the external roadway, the design includes the following on-site water systems: a) storage of rainwater precipitated on roofs, terraces and yards; b) phyto-purification of water from sink drains, c) reuse of purified water to irrigate, supply ground floor services and for the cleaning of yards. The storage system was sized by studying water demand variations, depending on the season and green areas. The university's academic calendar and the attendance levels were analysed to understand the water demand by the facility's users. Moreover, pluviographic data provided monthly rainfall averages of Aversa. The site's runoff area, about 6,000 mq, coupled with an inflow coefficient of 90% provided estimates of the optimal storage volumes, with monthly variations, comparing irrigation needs and sanitation consumption with the availability of stored water. The overlap of monthly consumption and average precipitation curves indicates that a storage volume of 400 mc is an optimal volume, as it also allows capacity for arid periods, in addition to providing the possibility to store the water during monthly variations. Therefore, the designed storage consists of underground tanks of 70 mq, with a total capacity of 150 mc divided into two macro-volumes.

The phyto-purification system consists of a basin of about 70 mq to the West of the yard and a series of underground elements (grease separator, Imhoff tank, loading tank and final storage tank). The system produces 4.6 mc of purified water per day and collects a maximum of 10 mc in the storage tank. The Reed, Crites & Middlebrooks Method (ISPRA, 2012) was adopted to size the purification basin.

A cost-benefit analysis assessed the technical-economic feasibility, comparing four solutions for storage volumes, fixed and variable costs, revenues, annual depreciation, identifying a volume equal to 150 mc as the best solution to meet the daily water

demand of about 600 users, highlighting economic and environmental benefits even with reduced catchment areas. These water volumes are also subtracted from the road surface runoff, preventing flooding.

The vegetative components include deciduous trees to shade and cool the space in summer and allow warmth in winter, evergreen shrub hedges as partial barriers, vines to cover the sunshade system, species suitable for the water purification system, and avoiding toxic or spiny plant species and providing ancillary ecosystem services such as aesthetic and olfactory benefits. In addition, the plan preserves the only existing tree species (*Olea europea*).

Starting from the area analysis, an initial list of native species consistent with the phytoclimatic characteristics and design requirements was drawn up. This analysis was not conducted for the phyto-purification plant, where an azonal vegetation had to be installed, i.e. not related to the climatic characteristics of the area, but to ecological function in the water system. Observing the microenvironmental characteristics of reduced air circulation and high insolation, mesophilic deciduous species (e.g. chestnut) were also excluded. To identify species performing more than one function, ecological characteristics were selected, namely: a) presence of leaves and/or flowers with aromatic properties; b) flowering period (phenology); c) for trees, the size of the leaves and the size of the individual at maturity. The final list therefore includes both primary or secondary size trees such as linden (*Tilia sp.pl.*) and other species such as *Cercis siliquastrum L.* with very showy flowering. Only the two climbing species are non-native ornamental species. Phyto-purification plants consist of species suitable for wet environments (*Juncaceae*, *Cyperaceae*, *Alismataceae*) adding also *Limniris pseudacorus (L.) Fuss*, with flashy yellow flowers.

The proposal's positive indicators comprise 100% collection of rainwater, ample pedestrian and bicycle areas, as well as considerable improvements in RIE and BAF values, PMV, CO₂, Average Radiant Temperature and Surface Temperature. However, the promising data points are only part of the positive outcome: environmentally friendly solutions would have considerable educational value for the community, as an exemplary high quality, living and learning space.

4.7 A REPERTOIRE OF DETAILED TECHNICAL SOLUTIONS

The project for green stormwater infrastructure in the Aversa - Melito corridor includes in-depth research about specific

Le richieste per la componente vegetale erano di utilizzare piante per ombreggiare e rinfrescare lo spazio nel periodo estivo, specie arboree decidue per garantire il tepore nel periodo invernale, specie arbustive per siepi sempreverdi con funzione di barriere parziali, specie vegetali che non comportassero problemi nella fruizione (tossicità e spinosità) e fornissero servizi ecosistemici accessori quali quello estetico e olfattivo, specie lianose per coprire il sistema frangisole previsto da riproporre anche sul terrazzo, specie idonee a un piccolo impianto di fitodepurazione. Inoltre, occorreva preservare e valorizzare l'unico individuo arboreo (*Olea europea*) presente di grosse dimensioni. Partendo dall'analisi dell'area vasta è stato redatto un primo elenco di specie autoctone coerenti con le caratteristiche fitoclimatiche e le richieste progettuali (o adattabili con un minimo di manutenzione ordinaria). Quest'analisi non è stata condotta per l'impianto di fitodepurazione, in cui si doveva creare una vegetazione azonale, cioè non legata alle caratteristiche climatiche dell'area, ma alla presenza dell'elemento ecologico dominante dell'acqua. Osservando le caratteristiche microambientali di condizioni di ridotta circolazione d'aria e insolazione elevata, sono state escluse anche le specie decidue mesofile (es. castagno). Per individuare specie che svolgessero più di una funzione per ognuna sono stati selezionati i caratteri autoecologici, e precisamente: a. presenza di organi con proprietà aromatiche (foglie e/o fiori); b. periodo di fioritura (fenologia); c. per gli alberi, sono state considerate la dimensione delle foglie e la dimensione dell'individuo in età adulta. L'elenco finale comprende quindi sia alberi di primaria o secondaria grandezza come il tiglio (*Tilia sp.pl.*), sia altre specie come *Cercis siliquastrum L.* con fioritura molto appariscente. Per le sole specie rampicanti la scelta è stata indirizzata per due specie ornamentali non autoctone. Per l'impianto di fitodepurazione sono state scelte specie più abbondanti in ambienti stagnali (*Juncaceae*, *Cyperaceae*, *Alismataceae*) aggiungendo anche *Limniris pseudacorus (L.) Fuss*, con fiori gialli appariscenti.

I soddisfacenti valori degli indicatori progetto si riferiscono al 100% di acqua di pioggia raccolta, alla totale disponibilità di zone pedonali e ciclabili fruibili, oltre a notevoli miglioramenti dei valori di RIE e BAF, PMV, CO₂, Temperatura Media Radiante e Temperatura Superficiale. Tuttavia, i dati incoraggianti sono solo parte dell'esito positivo prefigurato: la presenza di tali soluzioni ecocompatibili avrebbe infatti notevole valore didascalico e di verifica per la comunità di utenti, offrendo anche un luogo di elevata qualità ambientale alla vita nella struttura.

4.7 UN REPERTORIO DI SOLUZIONI TECNICHE DI DETTAGLIO

Il progetto di disseminazione delle *green stormwater infrastructures* nel contesto in esame comprende approfondimenti sulla ricerca per l'editorializzazione delle soluzioni tecniche adottabili. Si è partiti dalla consultazione dei cataloghi tecnici sperimentati nelle applicazioni di maggiore successo nelle città nordamericane di Portland e Philadelphia, per la redazione di un repertorio critico mirato alla comprensione dei criteri adottati nella progettazione in tali esempi (Valente, 2017) e delle criticità di manutenzione in condizioni di lontananza da luoghi frequentati. Le morfologie necessarie nelle aree campione hanno dato luogo a una tipologia di GSI di aree maggiori di quelle usuali, catalogata per l'intera area di lavoro e inclusa nel progetto GIS. In particolare, si sono determinate forme specifiche che

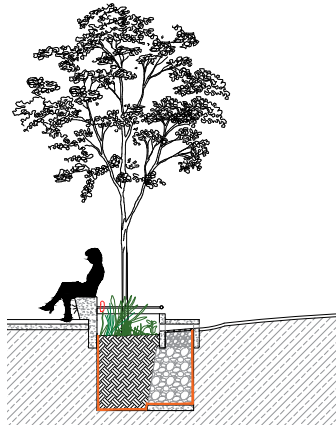


Fig. 48 - *Planter ibrido / Hybrid planter* (Source: Authors' elaboration).

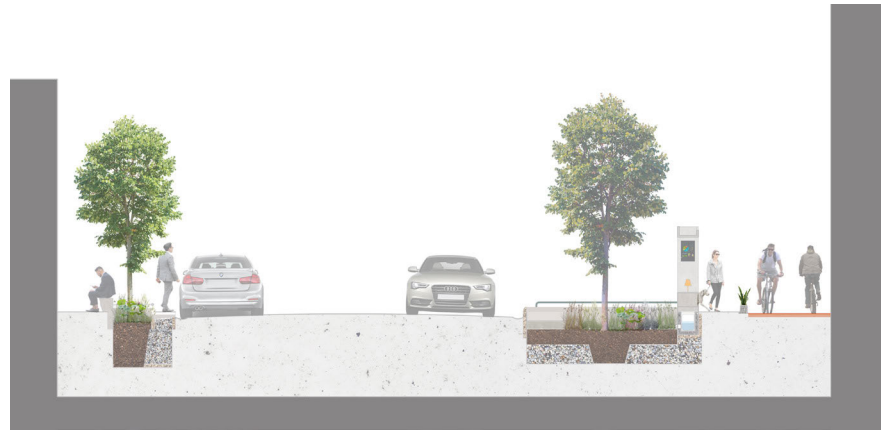


Fig. 49 - *Sezione trasversale tipo con GSI / Cross-section type with GSI* (Source: Authors' elaboration).

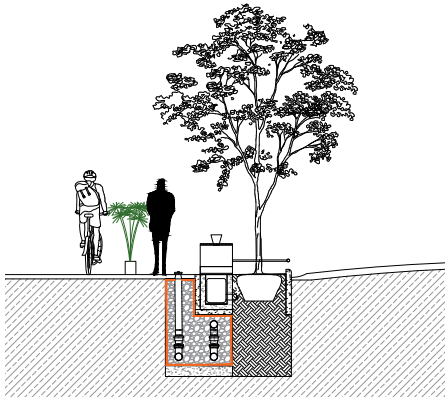


Fig. 50 - *Planter ibrido con attrezzatura tipo B1 / Hybrid planter with type B1 equipment* (Source: Authors' elaboration).

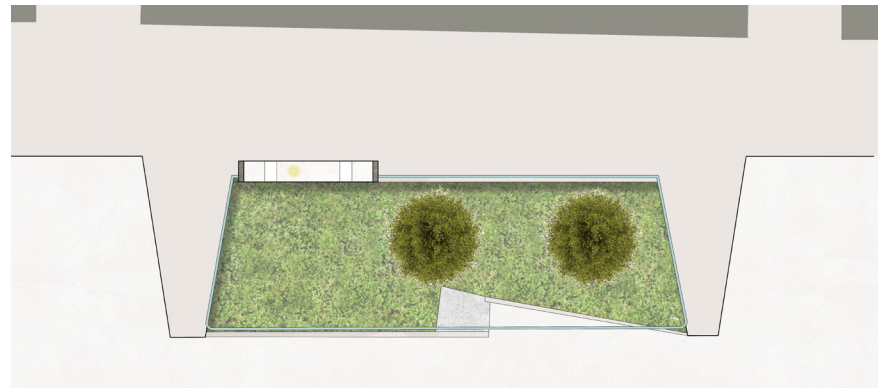
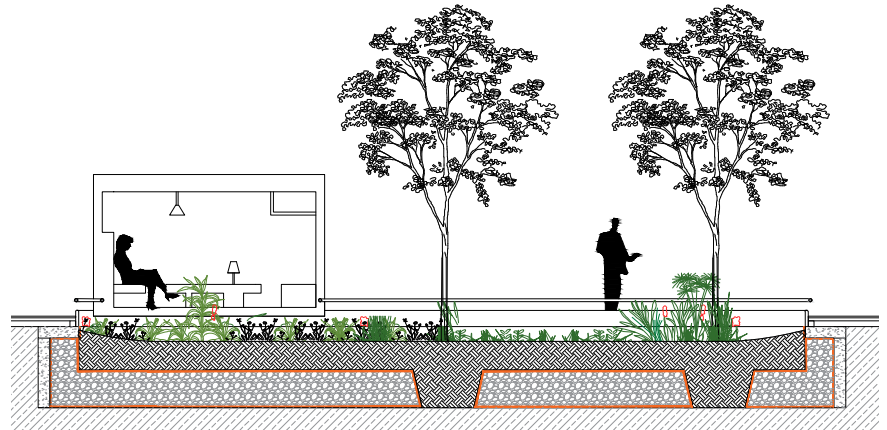
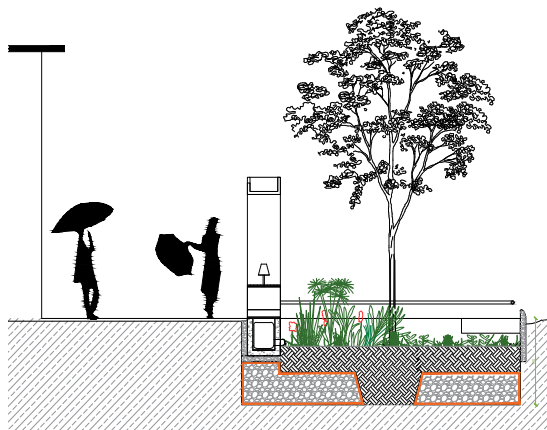


Fig. 51 - *Pianta di GSI / GSI plan* (Source: Authors' elaboration).



Figg. 52, 53 - *Tree-trench con citazione di Arch di Andrea Branzi: sezioni trasversale e longitudinale / Tree-trench with quoting of Arch by Andrea Branzi: cross and longitudinal section* (Source: Authors' elaboration).

technical solutions. This began with documenting techniques tested in the most successful North American applications, then formulating a repertoire of design criteria evident in these examples (Valente, 2017) and their critical maintenance aspects.

The configurations needed for study generated a typology of GSI, catalogued for the entire study area and integrated into the GIS project. The study designed location specific forms as well as the typical planter, tree-pit, tree trench, bump out and swale features of GSI. Alternative curb configurations facilitate runoff, but also relate to the varying centrality indexes. The catalogue presents further interpretations regarding maintenance and transformative processes, to design spaces with high performative intensity (Bosco, Rinaldi, Valente, 2012). The research on GSI considers the need to make the GSI devices educational, as catalysts for social participation, raising awareness of their appropriate use, in addition to hydraulic functions and the contributing to the greening of the area.

Depending on the position in urban areas and the results of the overlapping thematic readings, the GSIs are amplified with site and sidewalk furnishings. To this end, the group chose to mention the "Arch" bench, built in 2003 for Roppongi Hills in Tokyo, as unsurpassed example of dense and complex cultural instrument, a masterful, iconic and subversive project by Andrea Branzi. Not only a bench, but a longitudinal perspective window, a small shelter from metropolitan traffic, an evocation of domestic recollection in public space, the example inspired the GSI design to accommodate technological and social updates.

Among the principal reasons for the multiple purposes of the GSIs is the variability of weather conditions, where events of concentrated heavy rainfall alternate throughout the year with periods of aridity, a pattern that will be more extreme with climate change. The detailed technical specifications of the GSIs enabled implementation cost estimates and integration into the GSI network's GIS platform, allowing the addition of new information and data over time. While the GSI sizing and location result from the study's methods, the ongoing effectiveness of the vegetative and technical elements require stewardship that municipal administrations cannot guarantee. Therefore, citizen participation, solicited to care for public space, is essential.

4.8 REFLECTIONS ON RESEARCH RESULTS

The opportunity to test international experiences in an inhabited territory allowed the group to evaluate the research pro-

occupano diversamente stalli di parcheggio lungo l'arteria o si sostituiscono a passaggi pedonali con sistemi di passerelle, oltre ai tipici *planter*, *tree-pit*, *tree trench*, *bump out* e *swale*, presenti nei più diffusi *toolkit* di specie. Si sono studiati andamenti planimetrici dei cordoli per agevolare il deflusso delle acque meteoriche, costruendo un abaco di tale tipologia raffrontata ai posizionamenti per differenti indici di centralità, collegandolo al sistema GIS.

La catalogazione presenta ulteriori riflessioni sui processi manutentivi e trasformativi, con l'obiettivo di dare luogo a spazi a intensità performativa (Bosco et al., 2012) che potenzi il processo di consapevolizzazione dei cittadini nella cura e nella gestione delle attrezzature proposte. La ricerca sulle GSI nel caso studio ha considerato la necessità di rendere plus-prestazionali i dispositivi, che, oltre alle funzioni idrauliche e al contributo al bilancio vegetazionale dell'area, sono intesi quali catalizzatori di partecipazione sociale, anche per la sensibilizzazione della popolazione sull'uso appropriato. A seconda del posizionamento nelle aree urbane e delle risultanze delle letture tematiche sovrapposte, le GSI sono state completate con progetti di margini che ospitano attrezzature a vari gradi di complessità, destinate ai fruitori della strada. A tal fine il gruppo ha scelto di citare la panchina *Arch*, realizzata nel 2003 per Roppongi Hills a Tokyo, insuperabile esempio denso e complesso di strumento culturale, progetto magistrale, iconico ed eversivo di Andrea Branzi. Non solo panchina, ma finestra prospettica longitudinale, riparo esiguo dal traffico metropolitano, evocatore di domestico raccoglimento nello spazio pubblico, l'esempio ha ispirato una rilettura integrativa che potrebbe ospitare aggiornamenti tecnologici, affiancandosi alle GSI. Tra le principali motivazioni della scelta evolutiva di queste vi è anche la discontinuità di funzionamento prevista, dovuta alle condizioni climatiche dell'area di studio, in cui eventi di forti piogge concentrate si alternano nell'anno a periodi di aridità destinati a prolungarsi nel tempo. Mentre il dimensionamento e la localizzazione risultano dalla metodologia presentata, la durata in esercizio della vegetazione e degli elementi tecnici richiedono un controllo che le Amministrazioni pubbliche non possono garantire. Si rende indispensabile, dunque, la partecipazione dei cittadini, da sollecitare per interessarsi alla difesa dei propri spazi pubblici di percorrenza e alla necessità di scongiurare i danni frequenti nella zona. I dettagli tecnici realizzativi studiati, comprensivi della scelta di materiali secondi, attrezzature di uso e di monitoraggio, sensori ambientali, hanno consentito una stima tabellata dei costi di realizzazione. Integrato in tal modo, il progetto GIS del *network* delle GSI si arricchisce di ulteriori informazioni e dati, che tuttavia richiedono sistemi *hardware* di speciale potenza per un'agile gestione.

4.8 CONSIDERAZIONI SUGLI ESITI DELLA RICERCA

L'opportunità di testare intuizioni, riflessioni ed esperienze internazionali in un territorio vissuto direttamente ha consentito al gruppo di ricerca di trarre alcune considerazioni principali sui risultati ottenuti e sul processo sperimentato. La prima riguarda la necessità da parte dell'Accademia di fornire competenze, servizi e preparazione alle Amministrazioni locali per gestire visioni strategiche non più rimandabili. La possibilità di realizzare sistemi agili per la dotazione di servizi per la qualità della vita urbana si confronta con la necessità di preparare gestori e frui-

tori a tali nuove modalità. La quantità, l'integrazione e la complessità degli aspetti da considerare comporta la preparazione di quadri strumentali interdisciplinari, per affidare progettazioni di dettaglio da effettuarsi secondo linee guida codificate. Diventa peraltro urgente inoltre formare figure di professionisti in specifici percorsi universitari. Anche la produzione di cartografie georeferenziate, integrate in sistemi GIS evoluti, è servizio da fornire a vantaggio di tutte le Amministrazioni pubbliche e dei professionisti per la rigenerazione e la gestione di territori poco attrezzati. La notevole difficoltà riscontrata nell'approvvigionamento di dati ambientali, dovuta anche alla tipologia di area di studio considerata (provinciale, periferica, di confine), sollecita la realizzazione a costruire una rete interconnessa di centraline dedicate, come non avviene ancora per le ARPA locali.

Tra gli aspetti di basilare importanza vi è la metodologia per una reale praticabilità del lavoro interdisciplinare: pur essendo questo convincimento globalmente condiviso, si evince la necessità di moltiplicare le esperienze e di codificarne i processi per superare inerzie procedurali. Ciò si riflette anche in quanto è auspicabile che avvenga nella Pubblica Amministrazione, dove la realizzazione di *green stormwater infrastructures* implica la coazione integrata dei Dipartimenti di ambiente, pianificazione urbana, lavori pubblici, trasporti e mobilità, politiche sociali e culturali, beni culturali, come avvenuto nei casi di successo.

In merito ai risultati della ricerca, dalla stima totale dei costi delle opere ipotizzate si riscontra la notevole economicità dell'intera proposta, soprattutto se paragonata sia ai risparmi in termini di danni evitati, sovraccarichi e implementazioni di infrastrutture esistenti scongiurati, sia ai servizi ecosistemici e sociali forniti. La riflessione sulla questione economica si arricchisce delle considerazioni in merito alla possibilità di realizzare stralci progressivi dell'intero progetto strategico in funzione delle disponibilità di risorse, seguendo sia la prioritizzazione indicata, sia l'utilizzabilità di aree idonee, sempre concorrendo opportunamente alla realizzazione del disegno generale, continuamente aggiornato nel progetto GIS. Questo è pensato come strumento responsivo, autoregolantesi in funzione del grado di avanzamento delle realizzazioni e quindi dei benefici ottenuti.

Altro aspetto determinante del modello presentato è la continua transcalarità, dalla dimensione vasta di bacino e sottobacino idrografico attraverso lo studio dell'area drenante del tratto scelto, sino ai progetti pilota nelle aree campione, all'abaco e al progetto dei dispositivi posizionabili, tutti interconnessi con la struttura strategica generale, a sua volta ancora responsiva rispetto alle potenziali mutevoli condizioni di dettaglio: incedere definibile "telescopico", come già precisato.

Ulteriore riflessione riguarda le differenti dimensioni temporali da considerare. Il catalogo comprende: a) la storia degli avvenimenti succedutisi sul luogo; b) il tempo di ritorno delle inondazioni, tendente a ridursi, mostrando la necessità di ambienti anfibi, anche se a intervalli stagionali; c) la durata delle alluvioni; d) le ore (72) durante le quali i dispositivi delle *green street* possono trattenere le acque raccolte; e) la durata sempre maggiore delle stagioni aride ostili alla vegetazione su cui si basano la ritenzione e la depurazione; f) il tempo necessario a una comunità per riconoscere l'importanza di tali dispositivi e la responsabilità a cui è chiamata nella difesa e nel monitoraggio degli strumenti di protezione fisica del proprio territorio. In tal senso la ricerca ha verificato l'appropriatezza delle soluzioni tecniche offerte dalle GSI in regimi climatici come quelli dell'area studiata, dove la tendenza evolutiva è la divaricazione su scala annuale tra le stagioni delle

cess and the resulting outcomes. The first reflections concern the academic duty to provide skills and services to local administrations to manage strategic visions, to implement systems to improve urban quality of life, and to prepare managers and citizens. The quantity, integration, and complexity of the study aspects involves the interdisciplinary frameworks, to facilitate detailed planning according to codified guidelines. The production of advanced GIS mapping provides a service to public officials and professionals, to regenerate and manage poorly equipped territories. The considerable difficulty encountered from the lack of environmental data due to the situation of the study area (provincial, peripheral, border), demands an interconnected network of dedicated environmental sensing units.

The study revealed basic methodological challenges of effective interdisciplinary work to address complex environmental conditions: although this belief is globally shared, we need to multiply the experiences and codify the processes of interdisciplinary work, thereby overcome procedural inertia. This should also happen in public sector, where the realization of green stormwater infrastructures implies the integrated action of the departments of environment, urban planning, public works, transport and mobility, social and cultural policies, cultural heritage, as demonstrated in successfully implemented projects.

The project shows the cost-effectiveness of GSI, especially when compared to the savings in avoided damage and implementation of typical infrastructure, and the ecosystem and social services it provides. This economic assessment is amplified by the possibility of completing progressive excerpts of the overall strategic project determined by the availability of resources, following the project prioritizations, appropriately contributing to the general design. The updatability of the GIS project is designed as a responsive tool, self-regulating according to the progress of the proposal and the achieved benefits.

Another decisive aspect of the model is its cross-scaler continuity, from the vast size of the basin and sub-basin through the study drainage area, to the pilot projects in the sample areas, to the catalogue and the GSI design, all interconnected in the strategic structure, which is responsive to the changing conditions: a process definably "telescopic," as stated above.

Further reflections concern the time dimensions of the strategy including: a) the history of flood events; b) the increasing frequency of floods, indicating the need for amphibious environments; c) the duration of the floods; d) the hours (72) during which the green street devices can retain the collected water; e) the increasing duration of the arid seasons hostile to the vegetation on which the retention and purification are based; f) the time needed for a community to recog-

nize the importance of devices and the responsibility to defend protection of their own territory. In this sense, the research verified the appropriateness of the technical solutions offered by the GSI given the climate of the study area, where the evolving trend predicts increasing extremes between the seasons of floods and aridity. This variability could render less effective any specific GSI technology, but the low cost, the ease of implementation and maintenance, the significant additional benefits produced bring the balance to positive values. In addition to the excellent results in stormwater management, increase of safe cycling routes, raising of the poor values of urban ecological quality indexes such as RIE and BAF, as well as the lowering of temperatures, there is also some success in the reduction of CO₂. These results indicate that to elevate the climate contribution of sustainable stormwater management requires larger areas than those required for hydraulic needs. Similar considerations concern the expected unsatisfactory contribution of street trees to air purification in relation to the scale of public roads.

The research protocol provides clear applicability in many situations in Southern Italy characterized by similar conditions: scattered conurbations connected by spontaneous and unplanned territorial expansions and arterial roads that have become longitudinal settlements.

Further research concerns two divergent directions: understanding contiguous complementary draining areas to delineate the mosaic of urban sub-basins and the study of the adaptive capacity of privately owned areas to provide an even more effective contribution to urban environmental improvements. The replicability of the proposed processes would also increase the resilience of the studied urban landscapes, where limits of availability of basic data, resources, and capacity should not remain obstacles to apply good practices.

In this research through design, the study of environmental transformation of episodic waterways and roadways provides technical choices and effectively locates project elements. The results of the interdisciplinary work have an eco-systemic and social value, being useful both practically and culturally, enhancing appreciation of the territory's heritage by the citizens who can actively protect it. This can be done best by an integrated framework that includes landscape history, connecting the remarkable landmarks and features of the local environment.

alluvioni e i periodi di aridità. Ciò potrebbe depotenziare la scelta tecnologica, tuttavia il costo ridotto e la relativa facilità di realizzazione e manutenzione, uniti ai notevoli ulteriori benefici (microclimatici, rigenerativi, sociali) indotti dalle stesse GSI riportano il bilancio a valori positivi. Nello specifico, accanto agli ottimi risultati nella gestione idrica meteorica, nell'aumento dei percorsi ciclabili sicuri, nell'innalzamento dei valori generalmente scarsi di indici di qualità ecologica urbana quali RIE e BAF, così come all'abbassamento pur utile di pochi gradi di temperatura dell'aria e molti di temperatura superficiale, si registra anche qualche successo nella riduzione di CO₂. Tali risultati indicano come un più deciso contributo climatico dallo *stormwater management* sostenibile richieda aree maggiori rispetto a quelle necessarie per il fabbisogno idraulico. Analoga considerazione riguarda il previsto non soddisfacente contributo delle alberature stradali alla depurazione dell'aria in relazione alle larghezze delle aree pubbliche considerate e che sono di norma disponibili per la progettazione delle infrastrutture verdi.

La semplificazione sperimentata dalla ricerca nel modello di processo operativo consente un'applicazione in molte situazioni dell'Italia meridionale caratterizzate da condizioni simili: conurbazioni sparse e collegate da espansioni territoriali spontanee e prive di piani, aste di collegamento divenute direttrici di insediamento longitudinale non opportunamente servite da sottoservizi e recettori appropriati, valori di indicatori generali e di aree specifiche paragonabili a quelli presentati nel caso studio.

Le linee di ulteriore approfondimento del lavoro riguardano due direzioni divergenti: da una parte la considerazione di aree drenanti contigue concorrenti a delineare il mosaico dei sottobacini del bacino superiore di riferimento, dall'altra lo studio della capacità adattiva delle aree di proprietà privata incluse nell'area generale considerata, per fornire un contributo ancora più efficace alle Amministrazioni e alla collettività. Ciò potenzierebbe anche un fenomeno emulativo, grazie alla replicabilità dei processi proposti, per aumentare la resilienza della tipologia di paesaggi urbani indagati, dove limiti di disponibilità di dati di base, risorse, esperienze, non devono rimanere ostacoli all'applicazione di buone pratiche di progetti ambientali.

In questa *research through design* lo studio della trasformazione ambientale, osservata in particolare rispetto ai corsi d'acqua episodici e ai tracciati viari attraverso la ricostruzione degli ambienti preesistenti, oltre che delle reazioni alle trasformazioni antropiche nel corso del tempo, concorre a indirizzare scelte tecniche e posizionamenti degli elementi di progetto. I risultati del lavoro interdisciplinare hanno valore ecosistemico e sociale, essendo utili sia tecnicamente, sia per potenziare la conoscenza dell'eredità culturale dei luoghi da parte dei cittadini, affinché esercitino una tutela attiva vigile e responsabile sul proprio territorio. Ciò può avvenire in modo migliore con un *network* integrato che comprenda i *layer* dei beni culturali, connettendo le emergenze notevoli del contesto.

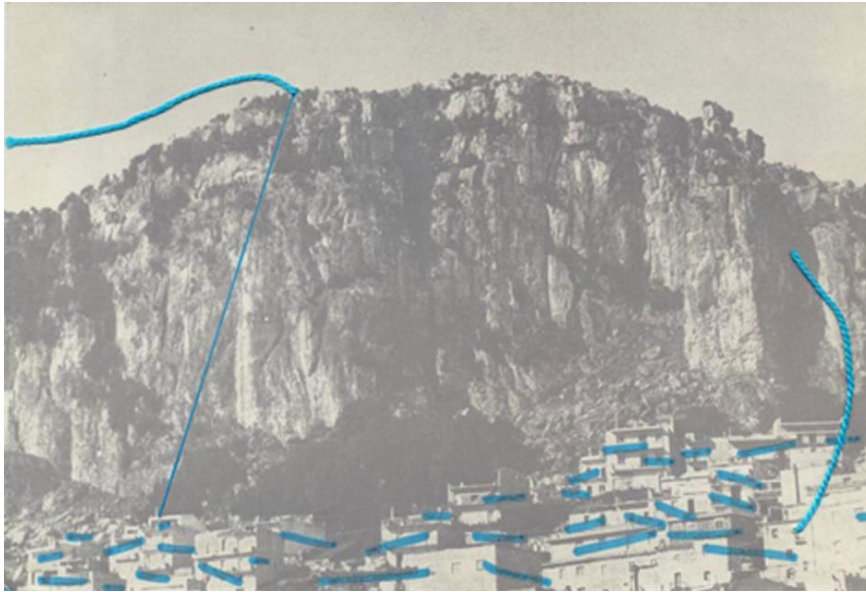


Fig. 54 - Tra le ispirazioni vi è il lavoro di Maria Lai, artista che, incaricata dal sindaco di Ulassai di un monumento ai caduti nel 1981, offrì invece *Legarsi alla montagna*, opera collettiva per la costruzione della comunità dei vivi. L'8 settembre un nastro azzurro passò di casa in casa, tessendo visivamente la rete dei rapporti sociali del paese, allacciando per un giorno gli abitanti al proprio monte, alle sue frane e alla sua potenza, in un rapporto simbiotico tra uomo e paesaggio / Among the inspirations stands the work of Maria Lai, an artist who, commissioned by the mayor of Ulassai for a monument to the fallen in 1981, offered instead *Tying oneself to the mountain*, a collective work for the construction of the living community. On September 8th a blue ribbon passed from house to house, visually weaving the network of the village's social relations, binding the inhabitants to their mountain, its landslides and its power for one day, in a symbiotic relationship between man and landscape.

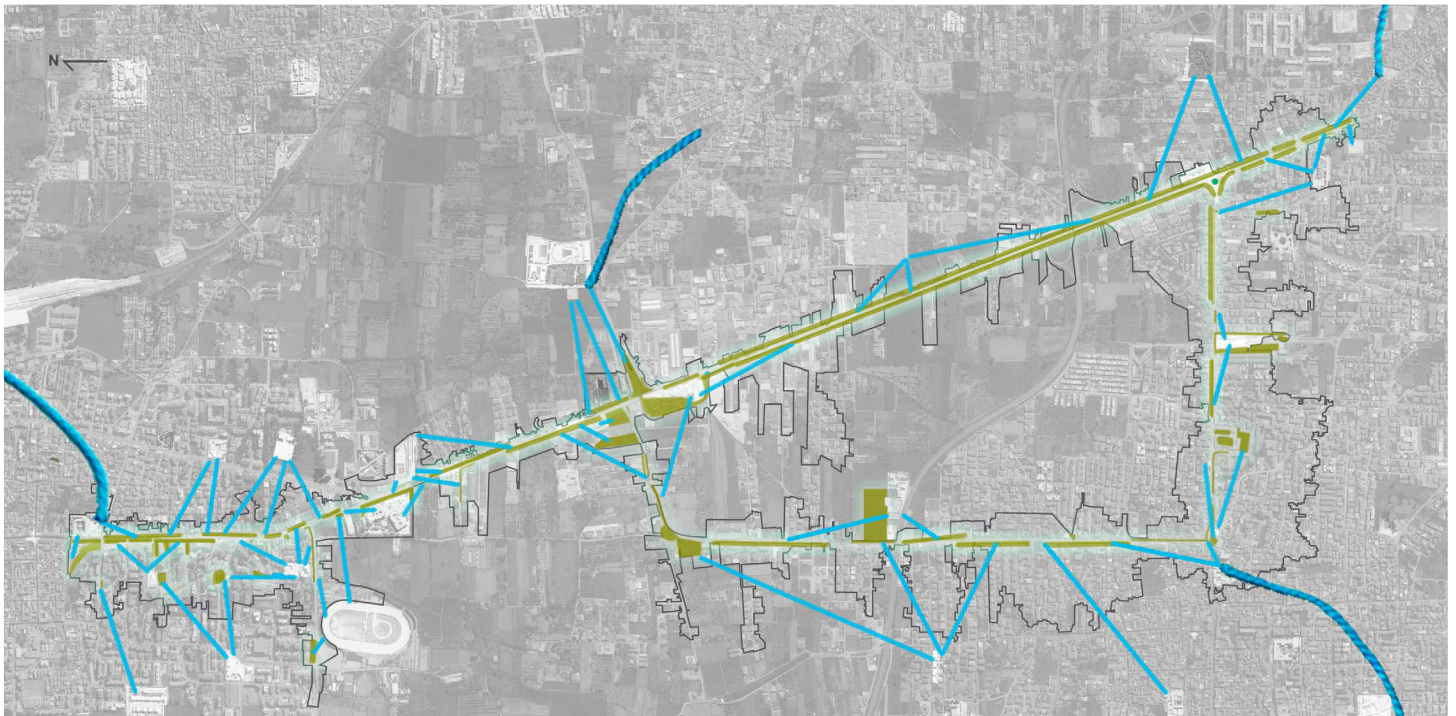


Fig. 55 - GIS-Based GSI Landscape Network. (Source: Authors' elaboration).

References

- Amirante, G. (1998), *Aversa dalle origini al Settecento*, ESI, Napoli.
- Arthington, A.H., Bernardo, J. & Ilhéu, M. (2014), “Temporary rivers: Linking ecohydrology, ecological quality and reconciliation ecology”, *River Research and Applications*, vol. 30, pp. 1209-1215.
- Basnou, C. et al. (2015), “Ecosystem services provided by green infrastructure in the urban environment”, *CAB Reviews Perspectives in Agriculture Veterinary Science Nutrition and Natural Resources*, vol. 10(4), pp 1-11.
- Bosco, A., Rinaldi, S. & Valente, R. (2012), *Strumenti di progetto per il microlandscape urbano. Design Tools in Urban Microlandscape*, Alinea, Firenze.
- Braca, G. et al. (2002), “Il nubifragio del 15 settembre 2001 su Napoli e dintorni”, *Quaderni di Geologia Applicata*, vol. 9(2), pp. 107-118.
- Buccaro, A. & de Seta, C. (eds) (2007), *Iconografia delle città in Campania. Le provincie di Avellino, Benevento, Caserta e Salerno*. Electa, Napoli.
- Buccaro, A. & de Seta, C. (eds) (2009), *I centri storici della provincia di Napoli: struttura, forma, identità urbana*. Edizioni scientifiche italiane, Napoli.
- Civita, M. et al. (1973), *Carta idrogeologica della Campania nord-occidentale. Fogli 1 e 2, scala 1:100.000*, CNR, Istituto Geologia Applicata, Facoltà di Ingegneria, Università degli Studi di Napoli Federico II.
- CMCC Centro Euro-Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici, Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (2017). *PNACC, Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici*, available at: https://www.minambiente.it/sites/default/files/archivio_immagini/adattamenti_climatici/documento_pnacc_luglio_2017.pdf.
- Croce, A. et al. (2019), “Exploring vascular flora diversity of two protected sandy coastal areas in southern Italy”, *Rendiconti Lincei. Scienze Fisiche e Naturali*, vol. 30, pp. 323-336.
- Daily, G.C. (1997), “Introduction: what are ecosystem services?”, in Daily, G. (ed), *Nature’s services: societal dependence on natural ecosystems*, Island Press, Washington, pp. 1-10.
- De Falco, C. (2018), “Dipartimento di Ingegneria. La Real Casa dell’Annunziata di Aversa”, in Amirante, A., Cioffi, R. & Pignatelli, G. (eds), *Le sedi della Università della Campania “Luigi Vanvitelli”*, Giannini, Napoli, pp. 213-221.
- De Falco, C., Ferrara, P. & Valente, R. (2019), “Storia e Progetto Sostenibile per la Riqualificazione di un Percorso Stradale in Campania (Italia) History and Sustainable Design for the Requalification of a Road Route in Campania (Italy)”, in *Colloqui.AT.e 2019 Ingegno e costruzione nell’epoca della complessità*, Proceedings edited by Garda, E., Mele, C. & Piantanida, P., Torino, 25-27 September 2019, pp. 101-104.
- De Vita, P., Allocca, V., Manna, F. & Fabbrocino, S. (2012), “Coupled decadal variability of the North Atlantic Oscillation, regional rainfall and karst spring discharges in the Campania region (southern Italy)”, *Hydrology and Earth System Sciences*, vol. 16, pp. 1389-1399.
- Emberger, L. (1955), *Une classification Biogéographique des Climats. Recueil des Travaux des Laboratoires de Botanique, Géologie et Zoologie de la Faculté des Sciences de L’Université de Montpellier*, Série Botanique, vol. 7, pp. 3-43.
- Fiengo, G. (1988), *I Regi Lagni e la bonifica della Campania felix durante il vicereame spagnolo*, Leo S. Olschki, Firenze.
- Filesi, L. et alii (2010), “Carta delle Serie di Vegetazione della regione Campania”, in Blasi, C. (ed), *La Vegetazione d’Italia, Carta delle Serie di Vegetazione, scala 1:500 000*, Palombi & Partners Srl, Roma.
- Gehu, J.M. & Rivas-Martinez, S. (1981), “Notions fondamentales de phytosociologie”, in *Berichte der Internationalen Symposien der Internationalen Vereinigung für Vegetationskunde 1980*, pp. 5-33.
- Giannakopoulos, C. et al. (2009), “Climatic changes and associated impacts in the Mediterranean resulting from a 2 C global warming”, *Global Planet. Change*, vol. 68, pp. 209-224.
- ISPRA Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (2012), *Guida Tecnica per la progettazione e gestione dei sistemi di fitodepurazione per il trattamento delle acque reflue urbane*, Manuali e Linee Guida 81, ISPRA, June.
- Jossa Fasano, A. (1978), *Melito nella storia di Napoli*, Grimaldi & Cicerano, Napoli.
- Köppen, W. (1936), *Das geographische System der Klimate, Handbuch der Klimatologie / The Geographical System of the Climate, Handbook of Climatology, Borntraeger*, Berlin, Bd. 1, Teil. C.
- Kottek M. et al. (2006), “World Map of Köppen- Geiger Climate Classification updated”, *Meteorologische Zeitschrift*, vol. 15(3), pp. 259-263.
- Kurtz, T. (2009), “Managing street runoff with green streets”, in She, N. & Char, M. (eds), *International Low Impact Development Conference Low Impact Development for Urban Ecosystem and Habitat Protection 2008*, American Society of Civil Engineers Book Series, Seattle, Washington.
- La Valva, V. & Astolfi, L., (1987-88), “Secondo contributo alla conoscenza delle zone umide della Campania: la flora dei Variconi (Foce del Volturno -CE)”, *Delpinoa*, n. s., 29-30: 77-106.
- Malangone, M. (2008), *La cultura neoclassica napoletana nel dibattito europeo: la figura e l’opera di Stefano e Luigi Gasse*, PhD Thesis in “Storia dell’Architettura e della Città”, XXI cycle, Facoltà di Architettura, Università degli Studi di Napoli Federico II.
- Mennella, C. (1967), *Il Clima d’Italia. Vol. I*, Edart, Napoli.

- Noviello, E. (2011), "La storia di 'Ponte di Friano' o di 'Ponte di Mezzotta'", *NerosuBianco*, n. 10, May, available at: www.nerosubianco.it (accessed March 2019).
- Page, J. L. et al. (2015), *Hydrologic mitigation of impervious cover in the municipal right-of way through innovative stormwater control measures*, *J. Hydrol*, pp. 527; 923-932.
- Paliaga, G., Donadio, C., Bernardi, M. & Faccini, F. (2019), "High-Resolution Lightning Detection and Possible Relationship with Rainfall Events over the Central Mediterranean Area", *Remote Sensing*, vol. 11, p. 1601.
- Parente, G. (1857-58), *Origini e vicende ecclesiastiche della città di Aversa*, voll. I-II, Tip. Cardamone, Napoli, pp. 173-174; 193; 339.
- Pitt, R. & Voorhees, J. (2002), "SLAMM, the Source Loading and Management Model", in Sullivan, D. & Field, R. (eds), *Management of Wet-Weather Flow in the Watershed*, CRC Press, Boca Raton, pp. 79-102.
- Revitt, D.M. 2004 "Water Pollution Impacts of Transport", in Hester, R.E. & Harrison, R.M. (eds) *Issues in Environmental Science and Technology No. 20 Transport and the Environment*, Royal Society of Chemistry; Cambridge, UK.
- Saviano, R. (2006), *Gomorra: viaggio nell'impero economico e nel sogno di dominio della camorra*, (1[^] ed. Vol. Strade blu), Mondadori, Milano.
- Storace, A.M. (1887), *Ricerche storiche intorno al comune di S. Antimo*, Tip. Priore, Napoli, p. 153.
- Syranidou E, Christofilopoulos S, & Kalogerakis, N. (2017), "Juncus spp. The helophyte for all (phyto)remediation purposes?", *N Biotechnol.* 38, pp 43-55.
- Valente, R. (2017), "Water Sensitive Urban Open Spaces: Comparing North American Best Management Practices", in *UPLanD. Journal of Urban Planning, Landscape & environmental Design*, vol. 2 (3), pp. 285-297.
- Valente, R. & Bosco, R. (2020), "Digital Models for Adaptive Urban Open Spaces", in Perriccioli M., Rigillo M., Russo Ermolli S., Tucci F. (eds), *Design in the Digital Age, Technology Nature Culture*, Maggioli, Santarcangelo di Romagna, pp. 115-119.
- Valente, R. & Mazingo, L.A. (2015), "Learning from California: environmental design tools to recover degraded built landscapes", *Techne. Journal of Technology for Architecture and Environment*, vol. 10, pp. 258-267.
- Villarreal, E.L., Semadeni-Davies, A. & Bengtsson, L. (2004), "Inner city stormwater control using a combination of best management practices" *Ecological Engineering*, 22 (4-5), pp 279-298.
- Vittorini, M. (2000), *Relazione Preliminare del PRG*, Comune di Aversa.

Acknowledgements

Renata Valente coordinated and directed the entire work supported by Louise A. Mazingo (College of Environmental Design, Center for Environmental Design Research, University of California at Berkeley, USA); Carolina De Falco curated the aspects of history of architecture; Armando Di Nardo, Michele Di Natale, Giuseppe Moccia the hydraulic aspects; Carlo Donadio (Università degli Studi di Napoli Federico II) the meteorological and geomorphological aspects; Mariano Perneti the civil design; Sandro Strumia the botanical aspects; Daniela Ruberti and Marco Vigliotti the geological aspects and the GIS project; Salvatore Cozzolino, Francesca La Rocca, Roberto Bosco, Eduardo Cappelli, Pietro Ferrara the design aspects.



Modello tridimensionale e interventi progettuali nel Distretto di Scandicci, Città Metropolitana di Firenze / *3D model and design intervention in the District of Scandicci, Metropolitan City of Florence* (Source: Authors' elaboration).

5. Vulnerabilità climatica e riqualificazione degli spazi pubblici del Distretto urbano di Scandicci (Città metropolitana di Firenze)

Climatic Vulnerability and Redevelopment of Public Spaces in the Urban District of Scandicci (Metropolitan City of Florence)

Roberto Bologna, Francesco Alberti, Giulio Hasanaj, Maria Vittoria Arnetoli
Università degli Studi di Firenze

5.1 AMBITO TERRITORIALE DI INDAGINE E VULNERABILITÀ

5.1.1 Contesto territoriale dell'area metropolitana di Firenze e criteri di selezione dell'area vasta

La ricerca qui presentata affronta il tema della rigenerazione urbana delle aree di margine a partire da una prospettiva d'area vasta: una porzione della Città metropolitana di Firenze (Fig. 1) a sud-ovest del centro urbano, in riva sinistra d'Arno, caratteristica del fenomeno di condensazione insediativa nei Comuni di cintura che ha interessato molte realtà urbane italiane nella seconda fase (di "suburbanizzazione" appunto) dei processi di metropolizzazione dei territori di pianura, innescati dalla crescita economica nel secondo dopoguerra (Dematteis, 1997).

All'interno di tale area, compresa entro il fiume e i primi rilievi meridionali (isoipsa 60 m) (Fig. 2), sono riconoscibili, intervallati da ampie zone che hanno mantenuto fino a oggi la funzione agricola, tre Distretti urbani dotati di una relativa autonomia e appartenenti a Comuni diversi:

- il quartiere Isolotto Legnaia del Comune di Firenze (68.703 abitanti) che, essendo tagliato a metà da una importante asse stradale, può essere letto come somma di due Distretti più piccoli;
- l'area urbana di Scandicci (50.515 abitanti), anch'essa divisa in due sotto-ambiti dal passaggio dell'Autostrada A1, di cui uno prevalentemente residenziale e l'altro produttivo;
- l'abitato di Lastra a Signa (19.235 abitanti).

L'area è stata recentemente oggetto di studi (Poli, 2019) in relazione agli obiettivi, sanciti dalla Legge regionale toscana di Governo del territorio n. 65/2014 e dal Piano d'indirizzo territoriale con valenza di Piano Paesaggistico Regionale PIT-PPR (2015), della preservazione della funzione agricola nelle aree peri-urbane e di consolidamento/riqualificazione dei margini urbani.

Rispetto alla "Piana" urbanizzata a nord-ovest di Firenze, interessata da previsioni infrastrutturali di grande rilevanza, la cui attuazione appare però incerta nei tempi e nei modi (a cominciare dal discusso ampliamento dell'aeroporto A. Vespucci) e i cui effetti cumulativi sono a oggi difficilmente valutabili (Alberti, 2018), il territorio considerato si presenta relativamente più "stabile" e adatto a una valutazione sia delle criticità ambientali e climatiche riscontrabili in un'ampia ed eterogenea gamma di tessuti urbani, rappresentativi di condizioni ricorrenti anche in altri contesti (toscani e non), che degli effetti connessi a interventi di trasformazione comunque significativi - che un tempo si sarebbero definiti di "ristrutturazione urbanistica" - previsti in tutti e tre i Comuni sopra menzionati.

L'area risulta sostanzialmente omogenea dal punto di vista climatico e corri-

5.1 GEOGRAPHICAL AREA OF INVESTIGATION AND VULNERABILITY STUDIES

5.1.1 Geographical context of the metropolitan area of Florence and criteria for the selection for the large area of study

The research presented here deals with the theme of regeneration of marginal urban zones, starting from a large areal perspective. This concerns a portion of the Metropolitan City of Florence (Fig. 1) located on the left bank of the Arno River to the Southwest of the urban centre, characteristic of the concentration of settlement in the peripheral Municipalities, a phenomenon that has affected many Italian urban areas in the second phase (of "suburbanization" precisely) of the processes of metropolitan lowland territories, triggered by the economic growth after World War II (Dematteis, 1997).

Within this area, including by the river and the first Southern reliefs (60 m contour line) (Fig. 2), are recognizable, interspersed with large areas that have maintained the agricultural function, three urban Districts with relative autonomy and belonging to different Municipalities:

- *the Isolotto Legnaia District of the Municipality of Florence (68,703 inhabitants) which, being cut in half by an important road axis, can be read as a sum of two smaller Districts;*
- *the urban area of Scandicci (50,515 inhabitants), also divided into two Sub-areas by the passage of the A1 highway, one of which is mainly residential and the other productive;*
- *the town of Lastra a Signa (19,235 inhabitants).*

The area has recently been the subject of studies (Poli, 2019) in relation to the objectives, established by the Legge regionale toscana di Governo del territorio (Tuscan Regional Law of Government of the Territory) n. 65/2014 and the Piano d'indirizzo territoriale con valenza di Piano paesaggistico regionale PIT-PPR 2015 (Plan of territorial orientation with the value of Regional Landscape Plan), of the preservation of the agricultural function in peri-urban areas and the redevelopment of urban margins.

Compared to the "Piana" urbanized North-West of Florence, affected by infrastructural forecasts of great importance,

whose implementation seems uncertain in terms of time and methods (starting with the discussed expansion of the airport A. Vespucci) and whose cumulative effects are currently difficult to assess (Alberti, 2018), the territory considered is relatively more “stable” and suitable for an analysis of both environmental and climatic problems found in a wide and heterogeneous range of urban tissues, representative of recurring conditions in other contexts (Tuscan and not), that of the effects connected to development interventions however significant - that once would be defined as “urban renewal” - expected in all three Municipalities mentioned above.

The area is substantially homogeneous from a climate point of view and corresponds to a well identifiable sub-basin of the Arno, including the tributaries Greve and Vingone, which pass through it, resulting in conditions of high hydraulic hazard in the inhabited adjacent areas to the respective courses.

5.1.2 Overview framework of the South-West Macro-area of Florence and analysis related to territorial vulnerabilities

The analysis at the large scale concerned in the first instance the collection and the cartographic restitution of the levels of information useful for the understanding and description of the portion of the territory under study: morphology, geology, pedology, cover and land use, periodization of settlements, urban functions and over-ordered constraints to planning.

Subsequently, the climatological, hydraulic and demographic aspects most directly involved in the assessment of the effects of climate change were examined using interdisciplinary contributions and specialist scientific expertise.

Among these, the researchers of the Institute of Biometeorology (IBIMET) of the National Research Council (CNR) of Florence and Bologna, have provided support for the collection and analysis of the required climate data and the elaboration of thermal simulations and outputs up to the comparison of the results. Considering the high predisposition of the area to extreme and sudden hydraulic phenomena such as flash flood, the Consorzio di Bonifica 3 Medio Valdarno (Land Recovery Authority 3 Medio Valdarno) has been involved for further studies on the operation and fragility within the urban area of Scandicci, while the Autorità di Bacino Distrettuale Appennino Settentrionale (Northern Apennines District Basin Authority) has been consulted for the flash flood hazard within the survey area.

The evidence gathered has objectively confirmed that the macroscopic reference area is subject to the climate risks of urban heat island, with a patchwork spread of the most critical areas, and heavy rainfalls, which affect in particular the areas crossed by the two tributaries of the Arno, causing or aggravating the risk of flooding.

sponde a un sottobacino dell’Arno ben identificabile, comprendente gli affluenti Greve e Vingone, che la attraversano determinando condizioni di pericolosità idraulica elevata nelle aree abitate limitrofe ai rispettivi corsi.

5.1.2 Quadro conoscitivo della Macro area sud-ovest di Firenze e analisi connesse alle vulnerabilità territoriali

Le analisi alla scala vasta hanno riguardato in prima battuta la raccolta e la restituzione cartografica dei livelli informativi utili alla comprensione e descrizione della porzione di territorio oggetto di studio: morfologia, geologia, pedologia, copertura e uso del suolo, periodizzazione degli insediamenti, funzioni urbane e vincoli sovraordinati alla pianificazione.

Successivamente, si è proceduto ad approfondire gli aspetti climatologici, idraulici e demografici più direttamente coinvolti nella valutazione degli effetti del cambiamento climatico avvalendosi di apporti interdisciplinari e consulenze scientifiche specialistiche. Tra questi, i ricercatori dell’Istituto di Biometeorologia (IBIMET) del Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR) rispettivamente di Firenze e Bologna hanno fornito un supporto in merito alla raccolta e analisi dei dati climatici necessari e all’elaborazione delle simulazioni termiche e degli *output* fino alla comparazione dei risultati. Considerata l’elevata sensibilità del territorio a fenomeni idraulici di tipo estremo e repentino come il *flash flood*, sono stati coinvolti il Consorzio di Bonifica 3 Medio Valdarno per approfondimenti riguardanti il funzionamento e la fragilità della rete di deflusso delle acque piovane all’interno dell’area urbana di Scandicci e l’Autorità di Bacino Distrettuale Appennino Settentrionale per la pericolosità da *flash flood* all’interno dell’area d’indagine.

Le evidenze raccolte hanno confermato in modo oggettivo come la Macroarea presa a riferimento sia soggetta ai rischi climatici dell’isola di calore, con una diffusione “a macchia di leopardo” delle zone maggiormente critiche, e delle piogge torrenziali, che interessano in particolare le aree attraversate dai due affluenti dell’Arno determinando o aggravando il rischio di alluvioni.

Più specificamente, le analisi climatologiche hanno preso in considerazione tre parametri: la densità della vegetazione, la temperatura superficiale e la velocità del vento.

La densità di vegetazione rappresenta il grado di copertura del terreno da parte della vegetazione e si esprime con “indici vegetazionali”, calcolati sulla base di immagini fornite da sensori satellitari che misurano le lunghezze d’onda, l’intensità della luce visibile e del “vicino infrarosso” riflessi dalla superficie terrestre nello spazio (Altobelli et al., 2007). All’interno dell’area di studio sono stati utilizzati due diversi indici vegetazionali, NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) e EVI (*Enhanced Vegetation Index*), elaborati dall’Istituto di Biometeorologia del CNR di Firenze a partire dalle immagini del sensore MODIS delle NASA con una risoluzione di 250 m. Contesti densamente urbanizzati con carenza di vegetazione producono indici bassi per entrambi gli indicatori e incidono significativamente sull’isola di calore urbana acuendone gli effetti (Morabito et al., 2020).

Per l’analisi delle temperature superficiali a scala vasta si è fatto riferimento al valore medio dei dati relativi alle estati del 2006, 2012 e 2017, anni in cui le immagini satellitari utili a studiare tale aspetto, restituite dal sensore MODIS con una risoluzione di 1 km, risultano particolarmente nitide per l’assenza di nuvolosità. Per le parti urbanizzate si sono invece utilizzati i dati provenienti dal sensore ASTER (*Advanced Spaceborn Thermal and Reflection Radiometer*) che, grazie a

una risoluzione di 90 m, permette di distinguere con precisione le parti del tessuto urbano in cui si concentrano le temperature più elevate, che nel caso specifico raggiungono picchi tra i 40°C e i 42°C, in corrispondenza delle aree residenziali a maggiore densità edilizia e nelle zone industriali (Fig. 3).

La velocità del vento è il terzo parametro climatologico considerato. Per quanto riguarda l'area di studio, i dati disponibili dell'anno più recente (2017) hanno fatto riscontrare nel periodo estivo valori estremamente bassi sia per quanto riguarda la velocità media (< 9,5 m/s) che la frequenza (< 15%) dei venti, tali da risultare ininfluenti all'interno del quadro climatologico.

Le analisi idrauliche, basate sui dati del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA) approvato nel 2016 dall'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Settentrionale, si sono focalizzate sul rischio alluvioni e sulla pericolosità da *flash flood*: aspetti ritenuti particolarmente rilevanti per l'area di studio in ragione delle sue caratteristiche idrografiche. Queste hanno evidenziando (Fig. 4) che il 47% del territorio esaminato è soggetto a rischio alluvioni elevato o molto elevato e che sussiste una pericolosità da *flash flood*, con tempi di ritorno tra 60 e 85 anni, elevata in prossimità del torrente Vingone nei Comuni di Lastra a Signa e Scandicci, e molto elevata in corrispondenza della Greve, al confine tra Scandicci e Firenze.

La presenza umana rappresenta un indicatore determinante nella valutazione del rischio connesso agli *hazard* climatici (IPCC, 2014). Ai fini della ricerca, sono state evidenziate sulla mappa le zone censuarie con valori di densità abitativa superiori a 1.500 ab/kmq, caratteristici delle "aree con elevato grado di antropizzazione" (ISTAT, 2017) e a una concentrazione di addetti superiore a 2.590 unità/kmq, corrispondente alla classe di densità più elevata presente nell'area in esame.

5.1.3 Dalla Macroarea al Distretto urbano: elaborazione della carta delle vulnerabilità socio-climatiche

Ai fini della valutazione sintetica della vulnerabilità socio-climatica dell'area vasta, sono stati selezionati 5 *layers* informativi del quadro conoscitivo sopra descritto, as-

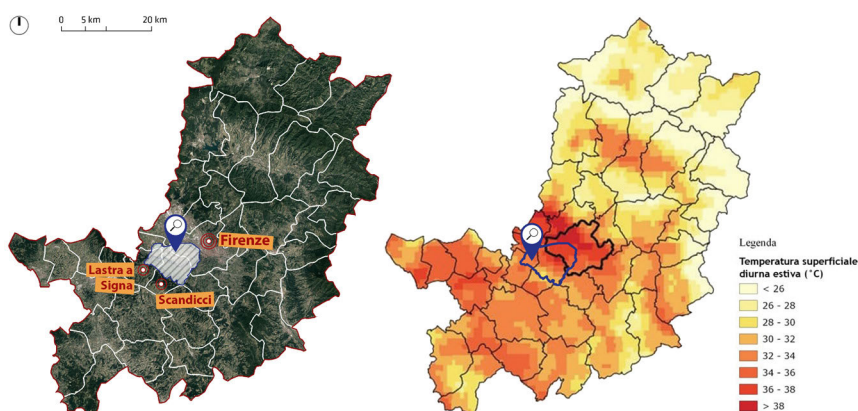


Fig. 1 - La città metropolitana di Firenze e localizzazione dell'area di intervento; a destra, elaborazione delle temperature superficiali diurne estive (Consorzio LaMMA) / The metropolitan city of Florence and the localization of the project area; on the right, map of the summer daytime surface temperature (Consorzio LaMMA).

More specifically, climatological analysis took into account three parameters: vegetation density, surface temperature and wind speed.

The density of vegetation represents the degree of cover of the soil by vegetation and is expressed with "vegetational indices", calculated on the basis of images provided by satellite sensors that measure wavelengths, the intensity of visible light and the "near infrared" reflections from the earth's surface in space (Altobelli et al., 2007). Within the study area two different vegetational indices were used, NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) and EVI (Enhanced Vegetation Index), elaborated by the Institute of Biometeorology of the CNR of Florence from the images of the sensor MODIS of NASA with a resolution of 250 m. Densely urbanised contexts with vegetation deficiency produce low indices for both indicators and significantly affect the urban heat island by exacerbating its effects (Morabito et al., 2020).

For the analysis of large-scale surface temperatures reference was made to the average value of the data for the summers of 2006, 2012 and 2017, years in which satellite images useful to study this aspect, returned by the MODIS sensor with a resolution of 1 km, are particularly clear due to the absence of cloudiness. Instead, for the urbanized parts were used data from the sensor ASTER (Advanced Spaceborn Thermal and Reflection Radiometer), which, thanks to a resolution of 90 m, allows to distinguish the parts of the urban fabric in which the highest temperatures are concentrated, that in the specific case reach peaks between the 40°C and the 42°C, in residential areas with a higher density of buildings and in industrial areas (Fig. 3).

Wind speed is the third climatological parameter considered. As far as the study area is concerned, the data available for the most recent year (2017) showed extremely low values in the summer period both for the average speed (< 9.5 m/s) and the frequency (< 15%) of the winds, such as to be irrelevant within the climatological framework.

The hydraulic analyses, based on data from the Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (Flood Risk Management Plan) approved in 2016 by the Northern Apennines District Basin Authority, focused on flood risk and flash flood hazard: aspects considered particularly relevant to the study area due to its hydrographic characteristics. These have evidenced (Fig. 4) that 47% of the examined territory is subject to high or very high risk floods and that there is a danger from flash flood, with times of return between 60 and 85 years, elevated near the Vingone torrent in the Municipalities of Lastra a Signa and Scandicci, and very high at the Greve, on the border between Scandicci and Florence.

Human presence is a key indicator in the assessment of climate hazard risk (IPCC, 2014). For the purpose of the research



Fig. 2 - Area vasta con individuati i confini amministrativi dei tre Comuni interessati / Large scale area showing the boundaries of the three municipalities (Source: Elaboration by Giulia Guerri).

ch, census areas with densities higher than 1,500 persons per km² were highlighted on the map, and were regarded as characteristic of the “areas with a high degree of urban development” (ISTAT, 2017) and a concentration of employees higher than 2.590 units per km², corresponding to the highest density class present in the test area.

5.1.3 From the Macro-area to the urban District: elaboration of the map of socio-climatic vulnerabilities

For the purposes of the synthetic assessment of the socio-climatic vulnerability of the large area, 5 informative layers of the above-described knowledge framework have been selected, associated with benchmark corresponding to the “critical” values of the parameters considered: hydraulic risk and danger from high and very high flash floods, summer daytime temperature peaks between 40 and 42°C, density of resident population and business workers above 1,500 persons per km² and 2,590

units per km², corresponding to the highest density class present in the test area. sociati a *benchmark* di riferimento corrispondenti ai valori “critici” dei parametri considerati: rischio idraulico e pericolosità da *flash flood* elevati e molto elevati, picchi di temperatura estiva diurna fra 40°C e 42°C, densità della popolazione residente e degli addetti d’impresa superiori rispettivamente a 1.500 ab/kmq e a 2.590 unità/kmq.

Sfruttando le potenzialità dei sistemi GIS, si è quindi proceduto alla sovrapposizione dei *layers* (Figg. 4 e 5) dopo aver assegnato un medesimo gradiente cromatico a tutti gli elementi mappati in ciascuno di essi: operazione che, in analogia all’*overlaying method* descritto da Ian McHarg in *Design with nature* (1968)¹, dà evidenza immediata, grazie alle variazioni di intensità del colore, alle aree più critiche, nelle quali si assommano le vulnerabilità relative a più fattori.

Tale operazione ha evidenziato come in tutti e tre i Distretti urbani individuati (Firenze-Isolotto, Scandicci e Lastra a Signa) siano presenti, con una distribuzione irregolare, zone a elevata criticità. Per il prosieguo della ricerca si è quindi operata una selezione sulla base di un ulteriore criterio: la presenza di aree su cui

1 Nel metodo descritto da McHarg, l’oggetto della valutazione è la sensibilità dei territori rispetto all’inserimento di una infrastruttura lineare.

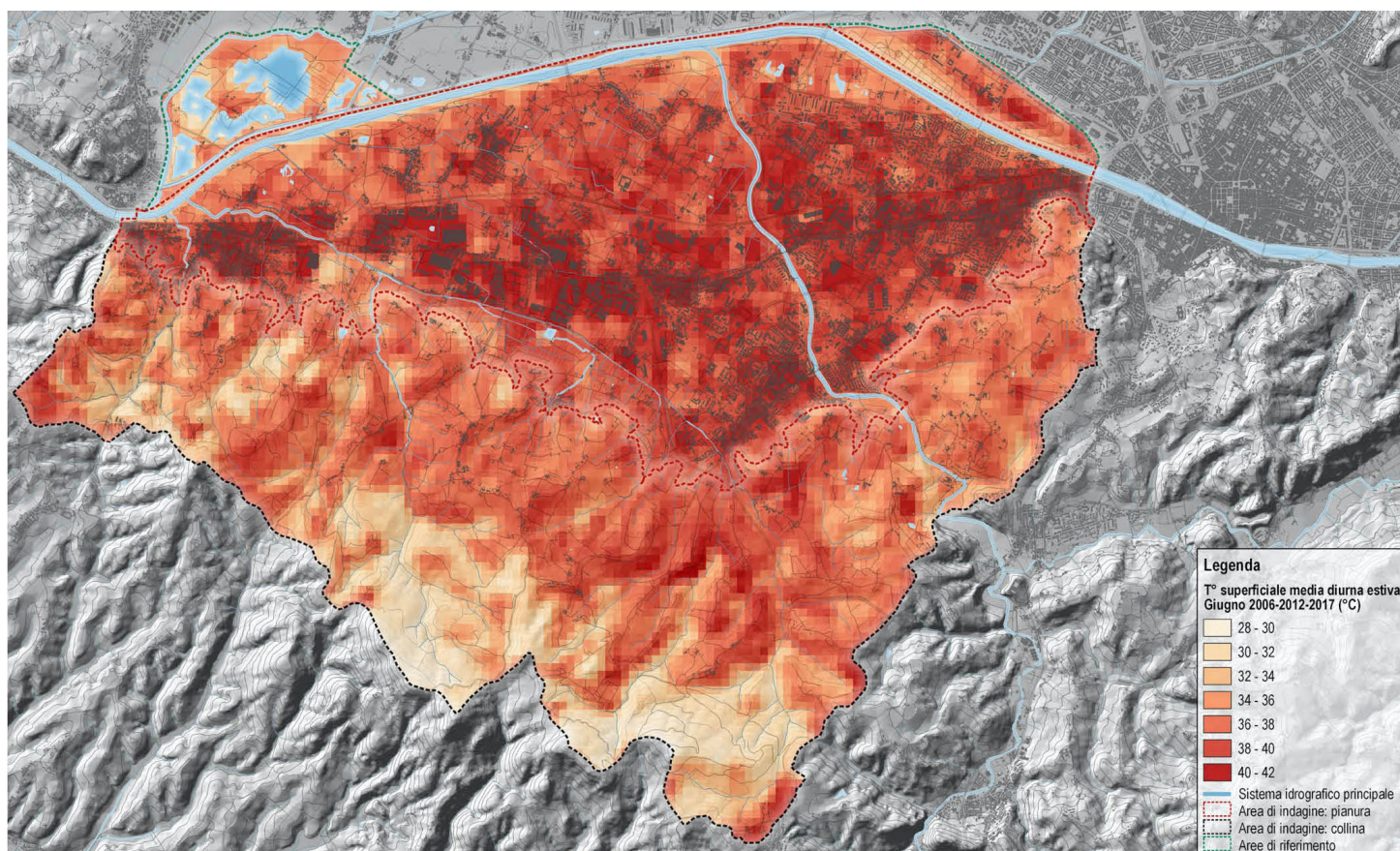


Fig. 3 - Analisi relative alle temperature superficiali medie diurne esitive riferite al mese di Giugno 2006-2012-2017 / Analysis of the average summer surface temperature referred to the months of June 2006-2012-2017 (Source: Elaboration by Giulia Guerri).

siano previsti dagli strumenti urbanistici vigenti interventi significativi di trasformazione, tali da consentire una valutazione comparata tra la situazione *ex ante* e una simulazione della situazione *ex post* conforme alle previsioni di piano. La scelta del Distretto su cui sviluppare progetti dimostratori è così ricaduta sull'area residenziale di Scandicci, in cui sono compresenti zone a elevata vulnerabilità socio-climatica e aree destinate a consistenti interventi di nuova edificazione.

5.2 IL DISTRETTO URBANO DI SCANDICCI E LA DIMENSIONE STRATEGICA DELLO SPAZIO PUBBLICO

5.2.1 Caratteri identificativi del Distretto urbano di Scandicci

L'agglomerato di Scandicci, formatosi dalla fusione di nuclei urbani minori a partire dagli anni '60 e limitrofo al confine amministrativo della città di Firenze (Fig. 6), è delimitato a est dal fiume Greve, a ovest dal torrente Vingone e dal tracciato dell'Autostrada del Sole A1, a sud dalle colline di Scandicci Alto, Broncigliano e Giogoli, a nord dalla Strada di Grande Comunicazione (SGC) regionale Firenze-Pisa-Livorno.

units per km² respectively.

Taking advantage of the potential of GIS systems, the layers (Fig. 4 and 5) were then superimposed after assigning the same chromatic gradient to all the elements mapped in each of them: operation which, in analogy to the overlaying method described by Ian McHarg in Design with nature (1968)¹, gives immediate evidence, thanks to colour intensity variations, to the most critical areas in which are added vulnerabilities related to several factors.

Such operation has evidenced as in all the three characterized urban Districts (Florence-Isolotto, Scandicci and Lastra a Signa) are present, with an irregular distribution, areas of high criticality. For the continuation of the research, a selection

¹ *In the method described by McHarg, the object of the assessment is the sensitivity of territories to the inclusion of a linear infrastructure.*

has been made on the basis of a further criterion: the presence of areas on which are provided by the existing urban planning instruments significant development interventions, such as to allow a comparative assessment between the ex ante situation and a simulation of the ex post situation in line with the urban planning forecasts. The choice of the District on which to develop demonstration projects has thus fallen on the residential area of Scandicci, in which are comprised areas with high socio-climatic vulnerability and areas intended for substantial interventions of new construction.

5.2 THE URBAN DISTRICT OF SCANDICCI AND THE STRATEGIC DIMENSION OF PUBLIC SPACE

5.2.1 Identifying characters of the urban District of Scandicci

The agglomeration of Scandicci, formed from the fusion of smaller urban centres beginning from the '60s and bordering the Administrative Municipality of Florence (Fig. 6), is delimited to East from the river Greve, to West from the torrent Vingone and from the highway Autostrada del Sole A1, to the South from the hills of Scandicci Alto, Broncigliano and Giogoli, to the North from the regional Strada di Grande Comunicazione (Great Communication Road) Florence-Pisa-Livorno.

The survey area, with a surface extension of 4.78 km² and a population of 50,515 inhabitants, presents the demographic, dimensional, typological-settlement and the environmental sensitivity and vulnerability that justify the development of a redevelopment project. It is crossed by two orthogonal axes (Fig. 7) which intersect at Piazza della Resistenza, where the City hall is located (built in the 1970s halfway between the oldest nucleus of Scandicci and the town of Casellina) and now considered the true center of the city (Di Nardo, 2009).

The first axis, which crosses the urban fabric in a North-West/South-East direction, forms the basic axis of connection between the two ends of the District - Piazza Matteotti in the old centre of Scandicci and Piazza Di Vittorio in Casellina - on which the main existing public spaces and services (municipalities, schools, offices, buildings of historical, artistic and cultural interest, etc.) are located.

The second axis, trend North-East/South-West, follows the development of the tramway line that since 2010 connects Scandicci to the central station of Florence, along which are concentrated the new developments provided by the local urban plan on the base of a masterplan drafted in 2002 from the London study Rogers Stirk Harbour & partners (Fig. 8).

Of these, the new "Civic Centre" of the city, consisting of a large square served by the tram, defined on three sides by

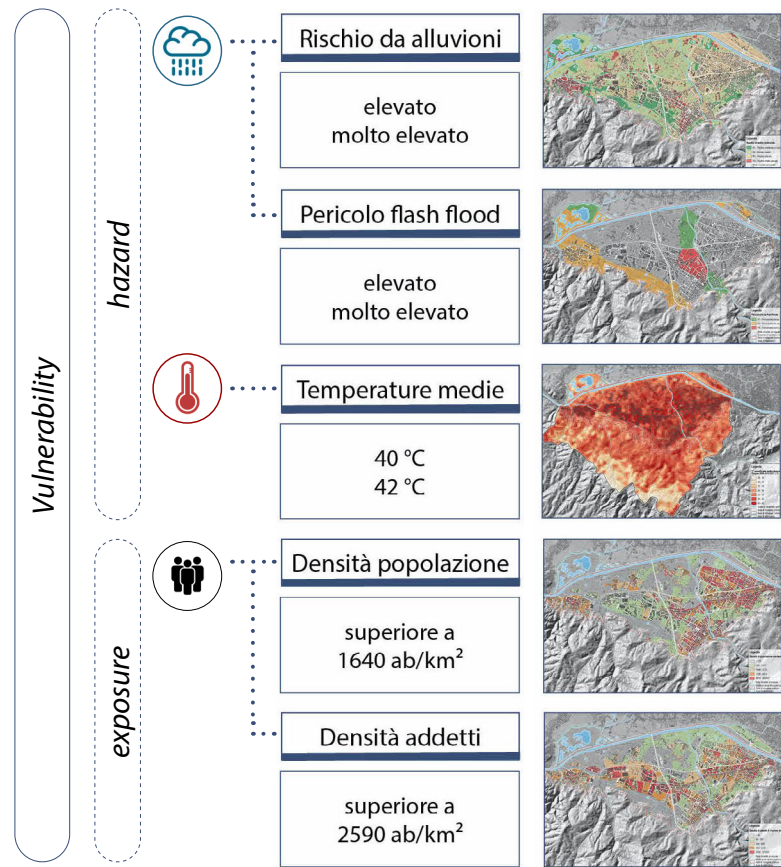


Fig. 4 - I cinque layers informativi scelti per la valutazione della vulnerabilità climatica con indicazione dei corrispondenti valori "critici" / The five information layers selected for the climate vulnerability assesment with the corresponding "critical" values (Source: Elaborations by Giulia Guerri).

L'area di indagine, con un'estensione superficiale di 4,78 km² e una popolazione di 50.515 abitanti, presenta i caratteri demografici, dimensionali, tipologici-insediativi e le sensibilità e vulnerabilità ambientali che giustificano lo sviluppo di un progetto di riqualificazione. Essa è attraversata da due assi ortogonali (Fig. 7) che si intersecano in corrispondenza di piazza della Resistenza, dove è ubicata la sede comunale (costruita negli anni '70 a metà strada tra il nucleo più vecchio di Scandicci e l'abitato di Casellina) e oggi considerata il vero centro della città (Di Nardo, 2009). Il primo asse, che attraversa il tessuto urbano in direzione nord-ovest/sud-est, costituisce l'asse fondamentale di collegamento tra le due estremità del Distretto - piazza Matteotti nel centro di Scandicci vecchia e piazza Di Vittorio a Casellina - su cui si innestano i principali spazi e servizi pubblici esistenti (comune, scuole, uffici, edifici di interesse storico-artistico-culturale, etc.). Il secondo asse, con andamento nord-est/sud-ovest, segue invece lo sviluppo della linea tramviaria che dal 2010 collega Scandicci alla stazione centrale di Firenze, lungo la quale si concentrano gli interventi di trasformazione previsti dai piani urbanistici comunali sulla base di un masterplan redatto nel

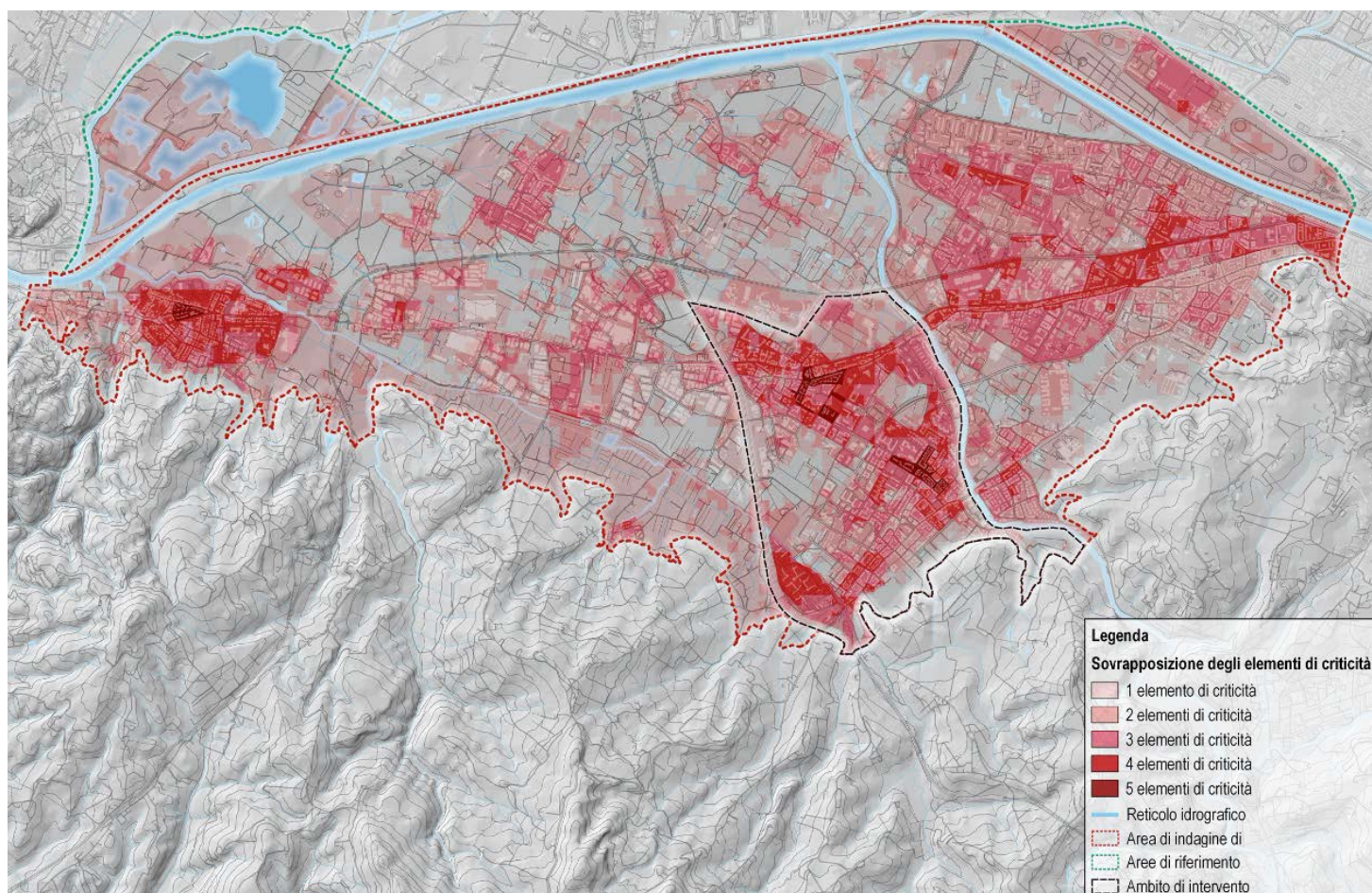


Fig. 5 - Individuazione dell'ambito di intervento attraverso la sovrapposizione degli elementi di criticità / Identification of the intervention area by overlapping the critical elements (Source: Elaboration by Giulia Guerri).

2002 dallo studio londinese Rogers Stirk Harbour & partners (Fig. 8). Di questi, è stato fino a oggi realizzato come primo stralcio, su progetto dello stesso studio, il nuovo "Centro civico" della città, costituito da una grande piazza servita dal tram, definita su tre lati dal municipio esistente, da un grande auditorium e da una quinta edilizia con spazi commerciali al piano terreno e residenze e uffici ai piani superiori.

Tra le zone di espansione previste lungo la tramvia, quelle a nord di piazza della Resistenza non sono ancora state sviluppate a livello di piano attuativo o progetto unitario, a differenza delle zone a sud, sulle quali insistono interventi già approvati che si spingono fino al margine meridionale del Distretto, coincidente con il capolinea della tramvia in località "Villa Costanza". Si tratta di interventi di notevole rilevanza, finalizzati a realizzare un nuovo asse urbano multifunzionale e a ricucire le aree periferiche, per i quali il nuovo Piano Operativo di Scandicci (lo strumento conformativo comunale, approvato nel 2019 ai sensi della Legge regionale di Governo del territorio n. 65/2014) fissa espressamente l'obiettivo di «innalzare la qualità degli spazi pubblici e delle funzioni ospitate» (Comune di Scandicci, 2019a).

the existing town hall, has been created as a first part, on the project of the same studio, from a large auditorium and a fifth building with commercial spaces at the ground floor and residences and offices at the upper floors.

Among the urban additions planned along the tramway, only those one on the South area are developed at the level of implementation plan or project unit, according to the approved interventions that go up to the Southern edge of the District coinciding with the terminus of the tramway in the locality "Villa Costanza", unlike those ones on the North of Piazza della Resistenza which have not yet been detailed. These are important interventions, aimed at creating a new multifunctional urban axis and mending peripheral areas, for which the new Scandicci's Piano Operativo (the municipal Operational Plan, a conformative planning instrument, approved in 2019

in accordance with the Regional Law of Territorial Government n. 65/2014) expressly sets the objective of «raising the quality of public spaces and hosted functions» (Comune di Scandicci, 2019a).

5.2.2 Description of the planning framework: the Operational Plan (Piano Operativo) of the Municipality of Scandicci

The activity of design experimentation of the research has been developed taking into account the urban planning forecasts of the Municipality of Scandicci, in relation to which the two “urban transects” object of the projects were identified (cf. next paragraph).

In particular, reference was made to the “Disciplina del suolo e degli insediamenti” (Land use regulations) of the current Municipal Operational Plan 2019-2024, which has integrated and updated the forecasts already defined in the previous Urban Regulation 2013-2018 on the outline of the master plan of Rogers Stirk Harbour & partners of 2002.

In the discipline of the plan there is a distinction between new development areas, on which insist the main building forecasts, and urban and environmental renovation of the settlements, which provides for completion or renovation work on areas already built and/or open space.

In particular, the research has made reference to the areas of renovation and development (Fig. 9) that altogether configure the new order of the central area of Scandicci along the two axes structuring the District above mentioned, identified in the Municipal Operational Plan maps and regulations with the abbreviations TR04a, TR04b, TR04c, TR04c bis, TR03b, RQ02e, RQ04c, RQ02e and RQ04e.

For these areas the demonstrator projects developed on the two identified transects have assumed as “current state” the structure prefigured by the Municipal Operational Plan and the executive plans already elaborated (although not yet implemented) for the single sections. Below is a summary of the main contents and plan objectives for each of them (Comune di Scandicci, 2019b).

The objectives of the intervention in the area TR04a, adjacent to the City Hall, are the finishing of the “Civic Center” through the realization of the building still missing on the South side of the square, the renovation of the parking area in front of the municipality and the surrounding public and connective spaces; the building area, for offices and shops, totals 4,580 m².

The TR04b area is intended for the construction of the first section of a new urban axis, parallel to the tramway track, flanked on both sides by new buildings with predominantly residential use with neighbourhood exercises on the ground floor; the building area is 8,400 m².

5.2.2 Descrizione del quadro previsionale di riferimento: il Piano Operativo del Comune di Scandicci

L’attività di sperimentazione progettuale della ricerca si è sviluppata tenendo conto delle previsioni urbanistiche del Comune di Scandicci, in relazione alle quali sono stati individuati i due “trasetti urbani” oggetto dei progetti dimostratori (cfr. paragrafo successivo).

In particolare, si è fatto riferimento alla “Disciplina dei suoli e degli insediamenti” del vigente Piano Operativo Comunale 2019-2024 (POC), che ha integrato e aggiornato le previsioni già definite nel precedente Regolamento Urbanistico 2013-2018² sul solco del *masterplan* di Rogers Stirk Harbour & partners del 2002.

Nella disciplina del Piano vi è una distinzione fra aree di “trasformazione dell’assetto insediativo”, sulle quali insistono le principali previsioni edificatorie, e aree di “riqualificazione dell’assetto insediativo e ambientale”, che prevedono interventi di completamento o ristrutturazione su aree già edificate e/o sullo spazio aperto. In particolare, la ricerca ha fatto riferimento alle aree di trasformazione e riqualificazione (Fig. 9) che nell’insieme configurano il nuovo assetto dell’area centrale di Scandicci lungo i due assi strutturanti il Distretto sopra menzionati, identificate nelle carte e nelle norme del POC con le sigle TR04a, TR04b, TR04c,

- Il Piano Operativo è lo strumento conformativo introdotto dalla Legge di Governo del territorio della Regione Toscana n. 65/2014 in sostituzione del precedente Regolamento Urbanistico. Entrambi gli strumenti hanno validità quinquennale per quanto attiene la disciplina delle trasformazioni.



Fig. 6 - Perimetrazione del Distretto urbano di analisi all’interno del territorio del Comune di Scandicci / Perimeter of the analysed urban District within the Municipality of Scandicci (Source: Elaboration by Giulia Guerri).

TR04c bis, TR03b, RQ02e, RQ04c, RQ02e e RQ04e. Per tali aree i progetti dimostratori sviluppati sui due transetti individuati hanno assunto come “stato attuale” l’assetto prefigurato dal POC e dai piani esecutivi già elaborati (sebbene non ancora attuati) per i singoli comparti.

Di seguito si riporta una sintesi dei principali contenuti e obiettivi di Piano per ciascuno di essi (Comune di Scandicci, 2019b).

Gli obiettivi dell’intervento nell’area TR04a, adiacente al Palazzo Comunale, sono il completamento del “Centro civico” mediante la realizzazione della quinta urbana mancante sul lato sud, la riqualificazione dell’area a parcheggio di fronte al comune e degli spazi collettivi e connettivi circostanti; la superficie edificabile (SE), per attività direzionali e commerciali, assomma complessivamente a 4.580 mq.

L’area TR04b è destinata alla realizzazione del primo tratto di un nuovo asse urbano, in parallelo al tracciato tramviario, affiancato sui due lati da nuovi edifici a prevalente destinazione residenziale con esercizi di vicinato al piano terra; la SE è di 8.400 mq.

La previsione per l’area TR04c bis riguarda la realizzazione di un polo integrato per “design” e “marketing” nel settore della moda, settore trainante dell’economia di Scandicci, comprendente strutture per l’alta formazione, residenze collettive speciali per studenti, attività direzionali e di servizio, esercizi commerciali al dettaglio e un percorso pedonale di accesso al vicino parco pubblico del Castello dell’Acciaiole. La SE è di 12.200 mq.

L’area TR03b si colloca in posizione semi-periferica, in prossimità dell’Autostrada A1, tra il parcheggio scambiatore di Villa Costanza (capolinea del tram) e un

The forecast for the TR04c bis area concerns the creation of an integrated pole for design and marketing in the fashion sector, a leading sector of the Scandicci economy, including facilities for higher education, special collective residences for students, management and service activities, retail shops and a pedestrian access to the nearby public park of Castello dell’Acciaiole. The building area is 12,200 m².

The TR03b area is located in a semi-peripheral position, near the A1 highway, between the car park of Villa Costanza (tram terminal) and a residential district adjacent to the bank of the Vingone torrent. The planned interventions include the rationalization of the road network, the construction of a wide green belt to protect the area of Villa Costanza and the completion of the built areas with tourist and commercial facilities, for a total building area of 4,500 m².

The area TR04c is the one destined to the realization of the quantitatively more important portion of the new center of the city. It has an extension of about 191,600 m² on which insists the forecast of new constructions for a total of 87,000 m² of building area, whose overall planivolumetric layout was defined through a Piano Particolareggiato (Detailed Plan) that develops the master plan of 2003. The most significant aspects of the Detailed Plan in relation to the research objectives include the new public green spaces, the system of squares and pedestrian and cycle paths, the practicability and location of parking lots.

A large part of the area (51,748 m²) is intended for the expansion of the public park of Castello dell’Acciaiole, for which the Detailed Plan provides an in-depth study of the vegetation and the location of new trees in order to optimize the benefits; within the park is also planned the renovation of a part of the existing spaces to accommodate service equipment (exhibition spaces, facilities for young people) as well as the possibility of hosting events of various kinds such as outdoor concerts, public events, sports activities, etc.

A system of squares and pedestrian paths is the frame of the entire compartment (Fig. 10). The central axis, on which the tramway runs, is conceived as a commercial boulevard of connection between the civic center and the management center planned in the Southern part of the compartment; on this is inserted orthogonally a pedestrian path that leads to the internal park. It is also planned to build a cycle path to connect the city center with the suburbs to the South.

To the new road network is given the role of restoring the existing road network and local service, in the context of an urban project aimed at promoting the use of public transport combined with active mobility, according to the principle of multifunctional compact nodes supported by a mass transport system, theorized by Richard Rogers as a model of urban sustainability (Rogers & Gumuchdjan, 1997). Consistently with



Fig. 7 - I due assi principali che strutturano Scandicci lungo cui si collocano gli spazi pubblici esistenti e le previsioni di trasformazione / *The two main structural axis of Scandicci where most public spaces and development areas are located* (Source: Authors’ elaboration).

this approach, the plan provides for a parking system in the vicinity of the tramway, to integrate the large interchange area at the terminal of Villa Costanza, and large pedestrian areas.

In the area Rq04c located a short distance from Piazza della Resistenza, there is a prefabricated building, headquarter to a post office, and a square for a long time used as a public parking. The redevelopment involves the insertion of new residential buildings with commercial activities on the ground floor and the reorganization of public space and parking.

The area Rq04e, currently headquarter of the primary school of second grade "E. Fermi", will be the object of functional conversion aimed at the renovation of the fabrics placed in proximity to the public garden surrounding the Castle of Acciaio. Following the next school relocation, the area will be used for the construction of a residential building for a total building area of 5,500 m², with the exception of the band of land placed alongside Via Pantin, with an area of approximately 1,200 m², reserved for public greenery in continuity with the green areas already present along the way.

In a more decentralized position is the area Rq02e, referring to Piazza Togliatti, one of the main urban centralities located along the old Scandicci-Casellina transverse axis. Its renovation is aimed at redesigning the square, with an increase in public green, starting from the reorganization of the spaces now used for the city market and the vehicular parking, and with the construction of a new building on the edge of the same, for management and commercial purposes, for a total of 2,000 m² of building area.

The private subject actuator of the intervention will be selected on the base of a master plan approved from the Town Council, that will take account of the indications arising from the participative process carried out in 2013 (Sociolab, 2013) and further initiatives to involve the citizen that can be activated to improve the qualification of the project.

5.2.3 The key role of public outdoor spaces and the potential of adaptation interventions

The aim of the research was to concentrate the analysis and subsequent experimental design on the system of public outdoor spaces within the District of Scandicci, in line with the climate adaptation strategies and actions promoted by the plans and projects for which an analysis was developed in the first phase of the research (cf. Volume 1)².

² In particular the Climate Change Adaptation Strategy of Rotterdam, the Copenhagen Climate Adaptation Plan projects in the Østerbro District and the green infrastructure interventions in Barcelona contained in the Master plan for Barcelona's Trees 2017-2037.

quartiere residenziale adiacente all'argine del torrente Vingone. Gli interventi previsti comprendono la razionalizzazione della rete viaria, la realizzazione di un'ampia fascia verde a protezione dell'area di Villa Costanza e il completamento delle aree edificate con strutture turistico-ricettive e commerciali, per una SE totale di 4.500 mq.

L'area TR04c è quella destinata alla realizzazione della porzione quantitativamente più rilevante del nuovo centro della città. Ha un'estensione di circa 191.600 mq sulla quale insiste la previsione di nuove costruzioni per un totale di 87.000 mq di SE, il cui assetto planivolumetrico complessivo è stato definito attraverso un Piano Particolareggiato (PP) che sviluppa il masterplan del 2003. Gli aspetti più significativi del PP in relazione agli obiettivi della ricerca comprendono i nuovi spazi verdi pubblici, il sistema delle piazze e dei percorsi pedonali e ciclabili, la viabilità e la localizzazione dei parcheggi.

Una parte consistente dell'area (51.748 mq) è destinata all'ampliamento del parco pubblico del Castello dell'Acciaio, per il quale il PP fornisce un approfondito studio sulla vegetazione e sulla collocazione di nuove alberature in modo da ottimizzarne i benefici; all'interno del parco è anche prevista la riqualificazione di una parte degli spazi esistenti per ospitare attrezzature di servizio (spazi espositivi, strutture per i giovani) oltre alla possibilità di poter ospitare eventi di vario genere come, concerti all'aperto, manifestazioni pubbliche, attività sportive, etc.

Un sistema di piazze e di percorsi pedonali costituisce il telaio dell'intero compar-

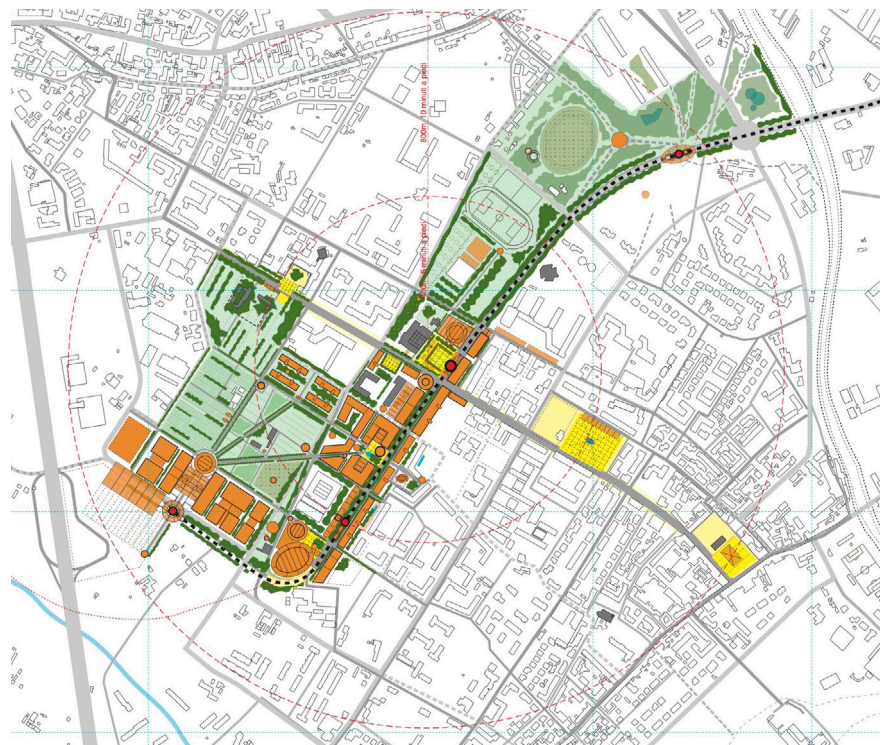


Fig. 8 - Schema planimetrico di Rogers Stirk Harbour & partners che mostra i due assi principali di sviluppo / Concept plan by Rogers Stirk Harbour & partners showing the two main axis of development (Source: Rogers Stirk Harbour & partners).

to (Fig. 10). L'asse centrale, su cui corre la tramvia, è concepito come un *boulevard* commerciale di connessione fra il centro civico e il centro direzionale previsto nella parte meridionale del comparto; su di questo si innesta ortogonalmente un percorso pedonale che conduce al parco interno. È inoltre prevista la realizzazione di una pista ciclabile per collegare il centro cittadino con i quartieri periferici a sud. Alla nuova viabilità carrabile è affidato un ruolo di ricucitura della maglia stradale esistente e di servizio locale, nel contesto di un progetto urbano tutto teso a promuovere l'uso del trasporto pubblico combinato alla mobilità attiva, secondo il principio dei *compact node* polifunzionali appoggiati a un sistema di trasporto di massa, teorizzato da Richard Rogers come modello di sostenibilità urbana (Rogers & Gumuchdjan, 1997). Coerentemente a tale impostazione, il Piano prevede un sistema di parcheggi nelle immediate vicinanze della tramvia, a integrazione della grande area d'interscambio presso il terminal di Villa Costanza, e ampie zone pedonali.

Nell'area RQ04c collocata a poca distanza da piazza della Resistenza, ricadono un edificio prefabbricato, sede di un ufficio postale, e un piazzale per lungo tempo utilizzato come parcheggio a uso pubblico. La riqualificazione prevede l'inserimento di nuovi edifici residenziali con attività commerciali al piano terra e la riorganizzazione dello spazio pubblico e dei parcheggi.

L'area RQ04e, attualmente sede della scuola primaria di secondo grado "E. Fermi", sarà oggetto di riconversione funzionale volta alla riqualificazione dei tessuti

The public and private open spaces, in fact, represent valuable reserves of adaptation if redesigned in a resilient perspective, and together with the built fabric of the city have a primary role for the resolution of the causes themselves of extreme phenomena (EEA, 2017).

Within the District concerned, the identification of the open spaces subject to greater climatic stress and bearers of the greatest potential for action was supported (Fig. 11) by analyses conducted with respect to the following parameters: permeability of soils, surface runoff, average annual precipitation, EVI (Enhanced Vegetation Index), average annual wind speed (2017 data), average summer breeze speed (2017 data), land use, density of resident population, constraints, public development areas, street orientation and sky view factor.

Moreover, the public dimension is investigated in relation to the public dimension in three key aspects. First of all, public space is the field with the greatest margins of direct action by the public administration and where the benefits, in terms of livability and quality of urban spaces, are addressed to the entire population for the high level of accessibility.

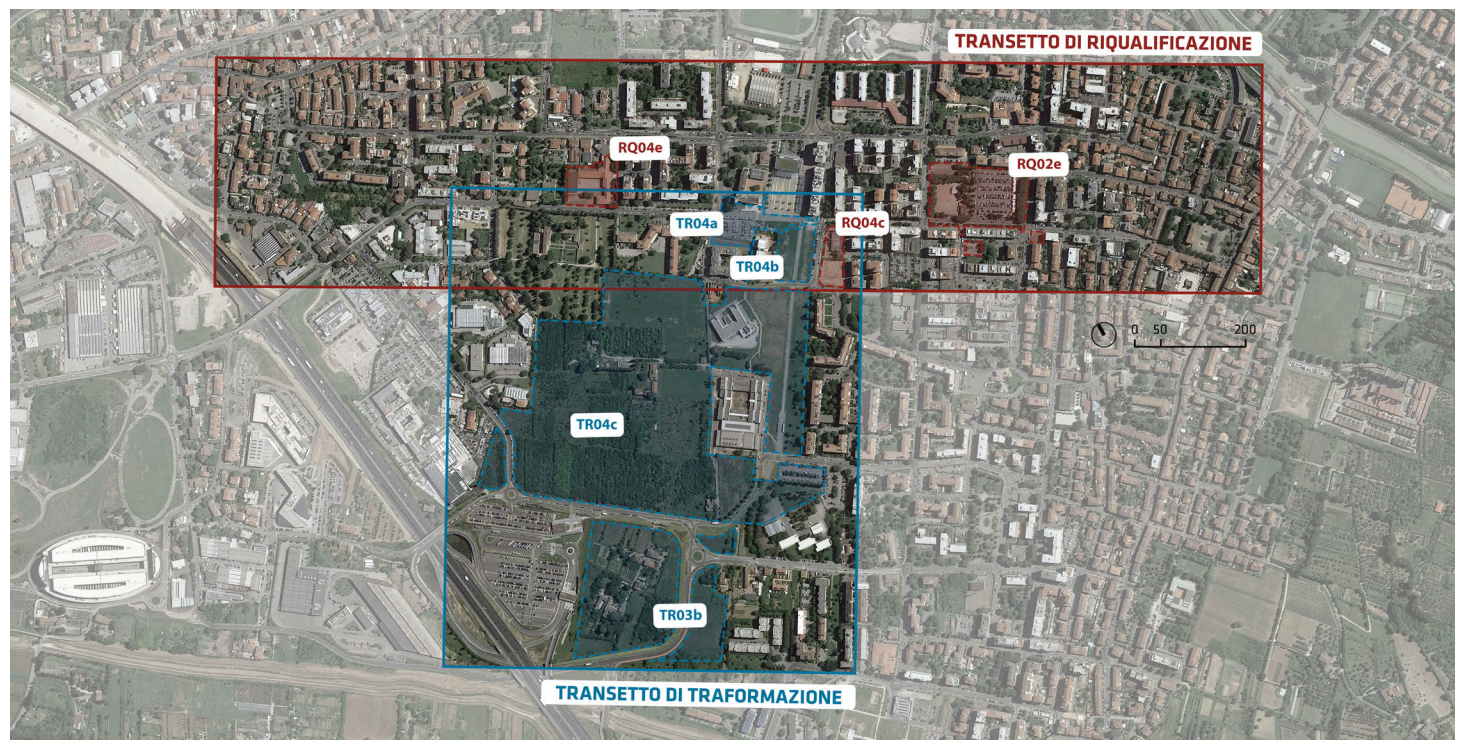


Fig. 9 - Aree di trasformazione e riqualificazione di interesse per la ricerca collocate nel transetto di riqualificazione (in rosso) e nel transetto di trasformazione (in blu) / *Development and renovation areas of interest for the research located in the "renovation" (red) and "development" (blue) transect (Source: Authors' elaboration).*

The choice to focus on the network of public spaces of the city also derives from the will to direct the results of the experiments towards real application possibilities, providing decision-makers with public methodologies, directly and immediately applicable tools and strategies. The possibility of direct action of the Public Administration also allows to consider intervention characterized by a strong interscalarity, aspect difficult to manage through private initiative.

Secondly, it allows to combine ordinary territorial governance policies with those directly aimed at climate adaptation, promoting the application of non-sectoral design strategies.

Finally, within the field of public spaces, even if in the wide

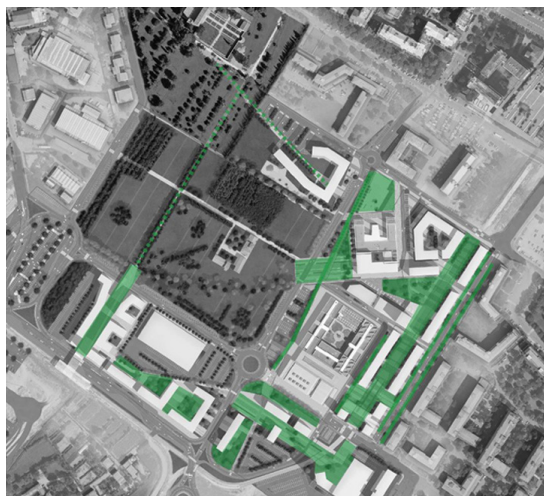


Fig. 10 - Vista sull'asse tramviario e schema planimetrico con individuati percorsi pedonali e piazze nell'area di trasformazione TR04c / Design views of the tramway axis and plan showing pedestrian paths and squares on the development area TR04c (Source: Elaboration by Comune di Scandicci).

posti in adiacenza al giardino pubblico circostante il Castello dell'Acciaio. A seguito del prossimo trasferimento della scuola, l'area sarà destinata alla realizzazione di un edificio a uso residenziale per una SE totale di 5.500 mq, fatta eccezione per la fascia di terreno posta in fregio a via Pantin, della superficie di circa 1.200 mq, riservata a verde pubblico in continuità con le aree verdi già presenti lungo strada.

In posizione più decentrata si trova l'area RQ02e, riferita a piazza Togliatti, una delle principali centralità urbane poste lungo l'asse trasversale Scandicci vecchia-Casellina. La sua riqualificazione è finalizzata al ridisegno della piazza, con incremento del verde pubblico, a partire dalla riorganizzazione degli spazi oggi utilizzati per il mercato cittadino e la sosta veicolare, e con la realizzazione di un nuovo edificio sul bordo della stessa, a destinazione direzionale e commerciale, per complessivi 2.000 mq di SE. Il soggetto privato attuatore dell'intervento sarà selezionato sulla base di un *masterplan* approvato dal Consiglio comunale, che terrà conto delle indicazioni scaturite dal processo partecipativo effettuato nel 2013 (Sociolab, 2013) e di ulteriori iniziative di coinvolgimento della cittadinanza che potranno essere attivate ai fini della miglior qualificazione del progetto.

5.2.3 Il ruolo chiave degli spazi aperti pubblici e potenzialità degli interventi di adattamento

Obiettivo della ricerca è stato di concentrare le analisi e la successiva progettazione sperimentale sul sistema degli spazi aperti pubblici all'interno del Distretto di Scandicci, in coerenza con le strategie e le azioni di adattamento climatico promosse dai piani e dai progetti di cui è stata sviluppata un'analisi nella prima fase della ricerca (cfr. Volume 1)³. Gli spazi aperti pubblici e privati, infatti, rappresentano riserve di adattamento preziose se riprogettati in chiave resiliente, e congiuntamente al tessuto edificato della città hanno un ruolo primario per la risoluzione delle cause stesse dei fenomeni estremi (EEA, 2017).

All'interno del Distretto in esame, l'individuazione degli spazi aperti soggetti a maggiore stress climatico e portatori delle maggiori potenzialità di azione è stata supportata (Fig. 11) dalle analisi condotte rispetto ai seguenti parametri: permeabilità dei suoli, deflusso superficiale, precipitazioni medie annue, indice EVI (*Enhanced Vegetation Index*), velocità media annuale vento (dati del 2017), velocità media brezze estive (dati del 2017), uso del suolo, densità di popolazione residente, vincolistica, aree pubbliche di trasformazione, orientamento stradale e *sky view factor*.

Dello spazio aperto, inoltre, viene indagata la dimensione pubblica rispetto a quella privata per tre aspetti chiave. Innanzitutto, lo spazio pubblico rappresenta l'ambito con i maggiori margini di azione diretta da parte della Pubblica Amministrazione e in cui i benefici, in termini di vivibilità e qualità degli spazi urbani, si rivolgono a tutta la popolazione per l'elevato livello di fruizione. La scelta di focalizzarsi sulla rete degli spazi pubblici della città deriva anche dalla volontà di indirizzare gli esiti delle sperimentazioni verso reali possibilità applicative, fornendo ai decisori pubblici metodologie, strumenti e strategie direttamente e immediatamente applicabili. La possibilità di azione diretta della Pubblica Amministrazione permette anche di considerare interventi connotati da una forte inter-

3 In particolare il *Climate Change Adaptation Strategy* di Rotterdam, i progetti del *Climate Adaptation Plan* di Copenhagen nel quartiere di Østerbro e gli interventi sulle infrastrutture verdi di Barcellona contenuti nel *Master plan for Barcelona's Trees 2017-2037*.

scalarità, aspetto difficile da gestire attraverso l’iniziativa privata.

In secondo luogo, permette di combinare le politiche ordinarie di governo del territorio con quelle direttamente rivolte all’adattamento climatico, promuovendo l’applicazione di strategie progettuali non settoriali.

Infine, all’interno del tessuto degli spazi pubblici, seppur nell’ampia diversificazione che connota le aree periferiche, è possibile ritrovare tipi di spazi, accomunati da caratteristiche morfo-tipologiche, materiche e di usi, che rendono la metodologia replicabile. La categorizzazione degli spazi facilita l’integrazione delle *Green Infrastructures* (GIs) e delle *Nature-Based Solutions* (NBS), dispositivi che si avvalgono di “materiali” naturali, la cui applicazione all’interno dei contesti urbani comportano benefici sotto molteplici profili, oltre all’adattamento climatico, quali la riduzione dell’inquinamento, la salute pubblica e il benessere degli abitanti.

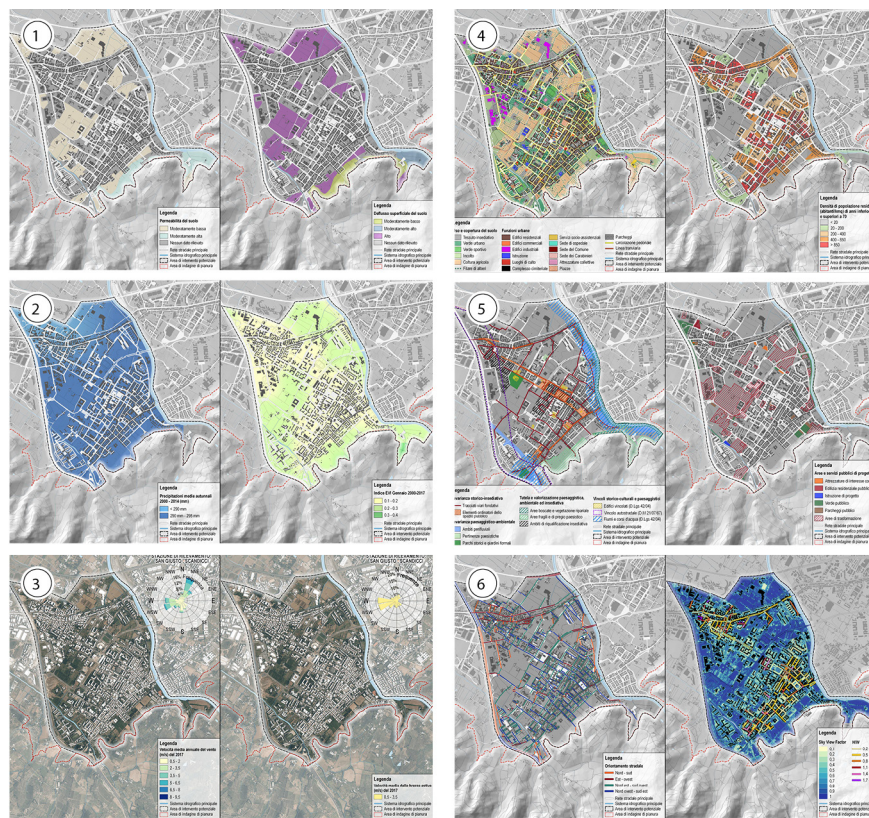


Fig. 11 - Analisi elaborate alla scala del Distretto: 1. Permeabilità dei suoli/deflusso superficiale; 2. Precipitazioni medie annue/indice EVI; 3. Velocità media annuale vento (2017)/velocità media brezze estive (2017); 4. Uso suolo/densità di popolazione residente; 5. Vincolistica/aree e servizi pubblici di progetto; 6. Orientamento stradale/sky view factor / Analyzes at the District scale: 1. Soil permeability/surface runoff; 2. Average annual rainfall/EVI index; 3. Average annual wind speed (2017)/average summer breeze speed (2017); 4. Land use/population density; 5. Planning restrictions/existing and planned public space and facilities; 6. Road orientation/sky view factor (Source: Elaborations by Giulia Guerri).

diversification that characterizes the peripheral areas, it is possible to find types of spaces, linked by morpho-typological, material and use features, which make the methodology replicable.

The categorization of spaces facilitates the integration of *Green Infrastructures* (GIs) and *Nature-Based Solutions* (NBS), devices that take advantages from natural “materials”, whose application within urban contexts bring benefits in many aspects, in addition to climate adaptation, such as pollution reduction, public health and the well-being of the inhabitants.

5.3 FROM DISTRICT TO TRANSECT

5.3.1 The strategic and operational dimension of the transect

In relation to the choice to focus attention on urban voids, reference was made to the two orthogonal axes that cross the District, whose strategic role in the functional organization of Scandicci is intended to be further strengthened with the implementation of the plan forecasts; their importance within the connective tissue of the city and, on the other hand, the morpho-typologic diversity of the public spaces that are part of it, their currently poor spatial quality and the high degree of climate criticality to which they are subject contribute to make it the topics of choice for the development of climate-oriented demonstrator projects able to amplify their regenerative effects within the whole District.

The systems of public spaces placed along the two axes have therefore been assumed as the characterizing elements of two spatial sub-spheres of the District, referable generally to the principle of the “urban transect”: a portion of the city delimited, but within which it is recognizable a subdivision in zones that give account of the variations of the physical and functional characteristics of the settlement, between a central area and a “periphery” (Duany & Talen, 2002).

Specifically, the expression has been used to indicate urban “samples” comprising different urban tissues within them (for density, age of construction, types of buildings, etc.) and with a wide variety of open spaces, located in the new Scandicci town centre and developed towards the original (now relatively peripheral) centres of the two hamlets of Scandicci vecchia and Casellina (North-West/South-East axis) and the tramway terminal, located at the Southern edge of the urban area in Villa Costanza (North-East/South-West axis): direction, the latter, along which are concentrated the main areas of expansion of the Municipality.

The two transects identified have very different characteristics, which allow to assess the effectiveness of the adaptation measures proposed in the demonstration projects in two diffe-

rent fields of application, both strategic for the adaptation of settlements to climate change: the renovation of consolidated urban tissues and the implementation of the new development forecasts contained in the instruments of territory government.

In the context of the renovation of the existing environment, the starting point is the analysis of the characteristics and performance of the built environment in its current configuration; in this case, the design applications aim to demonstrate how it is possible to integrate, through extraordinary maintenance operations of public space, actions aimed at increasing the degree of climate resilience, without involving structural changes.

In the areas interested by development, the *ex ante* situation coincides with the set-up envisaged by the implementing instruments and the unitary projects in place. The objective in this case is to prevent the impacts related to transformations, proposing changes and additions aimed at optimizing the climate response of public project spaces.

5.3.2 The transect of “renovation” and “development”

The identification of the structural axes of the District, referable to the two modalities of intervention of the renovation of the existing one and the development *ex novo*, and the acquisition of the forecasts contained in the current urban planning tools constituted the cognitive framework underlying the perimeter of the areas subject to design experimentation within the two transects identified, that we will define, for simplicity, “transect of renovation” and “transect of development” (Fig. 12).

The renovation transect has an extension of 2,000x430 m, resulting from the aggregation of square cells as shown in paragraph 5.4 below. Inside, two “spines” of public spaces have been identified that incorporate the renovation areas Rq04e and Rq02e of the Operational Plan previously described. The first (“spine of public spaces”) includes the spaces located along the structuring axis North-West/South-East, formed by the streets De Amicis, Aleardi, Pascoli, Pantin, the second (“spine of mobility”) those along a parallel road, more recently formed, constituted from the axis Via dei Turri-Via Doninzetti.

The two spines are connected by seven transversal corridors in correspondence of points of interest - that based on suggestions of the Municipality are object of renovation, such as Via dell’Acciaiole and Via dei Rossi - and other roads that marks the main areas of development and renovation, such as Via Leoncavallo, Via Cilea, Via Rialdoni and Via Foscolo.

The identification of “spines” took into account the indications provided by the Direzione Comunale Ambiente e Verde (Municipal Direction Environment and Green) of Scandicci, addressed in order to link the design experiments to possible

5.3 DAL DISTRETTO AL TRANSETTO

5.3.1 La dimensione strategica e operativa del transetto

In relazione alla scelta di focalizzare l’attenzione sui vuoti urbani si è fatto riferimento ai due assi ortogonali che attraversano il Distretto, il cui ruolo strategico nell’organizzazione funzionale di Scandicci è destinato a essere ulteriormente rafforzato con l’attuazione delle previsioni di Piano; la loro importanza all’interno del tessuto connettivo della città e, dall’altro lato, l’eterogeneità morfo-tipologica degli spazi pubblici che ne fanno parte, la loro a oggi scarsa qualità spaziale e l’elevato grado di criticità climatica a cui sono soggetti contribuiscono a farne temi d’elezione per lo sviluppo di progetti dimostratori *climate-oriented* capaci di amplificare i propri effetti rigenerativi all’interno di tutto il Distretto.

I sistemi di spazi pubblici collocati lungo i due assi sono quindi stati assunti come gli elementi caratterizzanti di due sotto-ambiti spaziali del Distretto, riconducibili in via generale al principio del “transetto urbano”: una porzione di città delimitata, ma al cui interno è riconoscibile una suddivisione in zone che danno conto delle variazioni delle caratteristiche fisiche e funzionali dell’insediamento, tra un’area centrale e una “periferica” (Duany & Talen, 2002). Nello specifico, l’espressione è stata utilizzata per indicare “campioni” urbani comprendenti al loro interno tessuti differenti (per densità, epoca di costruzione, tipologie edilizie etc.) e con un’ampia varietà di spazi aperti, incardinati nel nuovo centro civico di Scandicci e sviluppati in direzione dei centri originari (oggi relativamente periferici) delle due frazioni di Scandicci vecchia e Casellina (asse nord-ovest/sud-est) e del terminal della tramvia, posto al margine meridionale dell’area urbana in località Villa Costanza (asse nord-est/sud-ovest): direttrice, quest’ultima, lungo la quale si concentrano le principali aree di espansione del Comune.

I due transetti individuati presentano caratteristiche molto diverse, che consentono di valutare l’efficacia delle misure di adattamento proposte nei progetti dimostratori in due differenti campi di applicazione, entrambi strategici ai fini dell’adattamento degli insediamenti al cambiamento climatico: la riqualificazione dei tessuti urbani consolidati e l’attuazione delle nuove previsioni di sviluppo contenute negli strumenti di governo del territorio.

Nell’ambito della riqualificazione dell’esistente la base di partenza è fornita dall’analisi delle caratteristiche e prestazioni dell’ambiente costruito nel suo assetto attuale; in questo caso le applicazioni progettuali mirano a dimostrare come sia possibile integrare, attraverso interventi di manutenzione straordinaria dello spazio pubblico, azioni finalizzate a incrementarne il grado di resilienza climatica, senza comportare modifiche strutturali.

Nelle aree interessate da interventi di trasformazione, la situazione *ex ante* coincide invece con l’assetto prefigurato dagli strumenti attuativi e dai progetti unitari in essere. L’obiettivo in questo caso è prevenire gli impatti connessi alle trasformazioni, proponendo modifiche e integrazioni finalizzate a ottimizzare la risposta climatica degli spazi pubblici di progetto.

5.3.2 I transetti di “riqualificazione” e di “trasformazione”

L’individuazione degli assi strutturanti del Distretto, riconducibili alle due modalità d’intervento della riqualificazione dell’esistente e dello sviluppo *ex novo*, e l’acquisizione delle previsioni contenute nei vigenti strumenti di pianificazione

urbanistica hanno costituito gli elementi conoscitivi e interpretativi alla base della perimetrazione delle aree oggetto di sperimentazione progettuale all'interno dei due transetti individuati, che definiremo, per semplicità, "transetto di riqualificazione" e "transetto di trasformazione" (Fig. 12).

Il transetto di riqualificazione ha un'estensione di 2.000x430 m, derivante dall'aggregazione di celle quadrate così come illustrato nel successivo paragrafo 5.4. Al suo interno sono state individuate due "spine" di spazi pubblici che inglobano le aree di riqualificazione RQ04e e RQ02e del Piano Operativo precedentemente descritte. La prima ("spina degli spazi pubblici") ricomprende gli spazi collocati lungo l'asse strutturante nord-ovest/sud-est, formato dalle vie De Amicis, Aleardi, Pascoli, Pantin, la seconda ("spina della mobilità") quelli in fregio a una viabilità parallela, di più recente formazione, costituita dall'asse via dei Turri-Via Doninetti. Le due spine sono raccordate da sette corridoi trasversali in corrispondenza di punti di interesse - che in base a suggerimenti dell'Amministrazione comunale sono oggetto di riqualificazione, come ad esempio via dell'Acciaiole e via dei Rossi - e altre strade che delimitano le principali aree di trasformazione e riqualificazione, come via Leoncavallo, via Cilea, via Rialdoni e via Foscolo.

L'individuazione delle "spine" ha tenuto conto delle indicazioni fornite dalla Direzione Comunale Ambiente e Verde di Scandicci, interpellata allo scopo di legare le sperimentazioni progettuali a possibili applicazioni concrete, nell'ambito della programmazione ordinaria degli interventi sul verde urbano. Gli spazi individuati sono stati conseguentemente oggetto di approfondimenti, concordati con l'Amministrazione comunale, in merito ai seguenti aspetti:

- valutazione delle criticità climatiche sia nella situazione ordinaria che "extra-ordinaria" (rispetto ai picchi di calore), non esclusivamente finalizzata a limitare

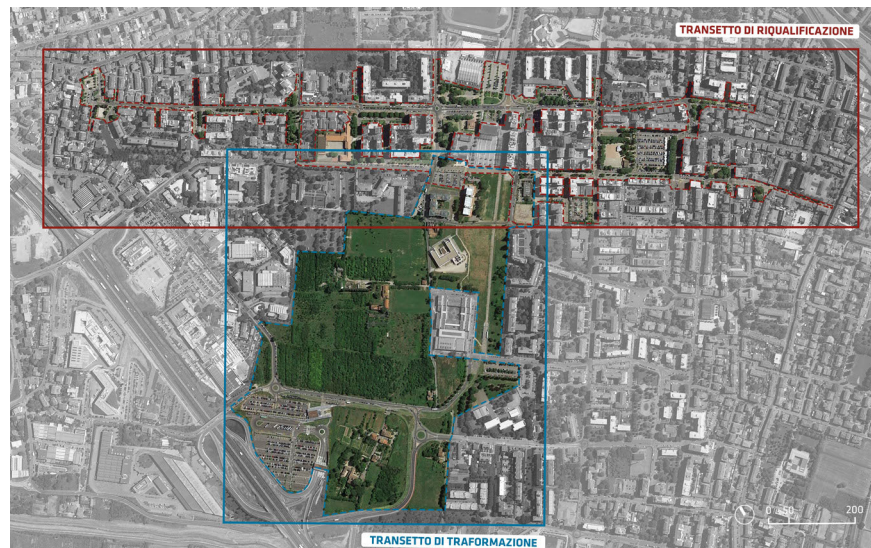


Fig. 12 - Spine di intervento individuate all'interno dei transetti, in rosso quello di riqualificazione e in blu quello di trasformazione / Structural axis of intervention areas identified inside the transects in the renovation (red) and development (blue) areas (Source: Authors' elaboration).

practical applications, as part of the ordinary planning of urban green interventions. The spaces identified have been the subject of further study, agreed with the City Council, on the following aspects:

- assessment of climate criticalities in both ordinary and "extra-ordinary" situations (compared to peak heat), not exclusively aimed at limiting the impacts of extreme climatic events, but to permanently improve the conditions for the use of the public spaces concerned;
- definition of environmental indices and parameters for the analysis, project and monitoring phases, useful for the assessment of vulnerabilities of the territory, for the identification of intervention strategies and for the evaluation of the results obtained;
- the definition of a framework of interventions achievable by incremental stages.

The spine of public spaces has an area of about 80.900 m². It overlooks the main squares of Scandicci in a sequence of polarity that from Piazza Giuseppe di Vittorio in the center of the hamlet of Casellina arrives at Piazza della Resistenza (the core of the new "civic center"), continues to Piazza Togliatti, to end at Piazza Matteotti, the central place of the original nucleus of the Municipality built along the line of the historic road connection with Florence: a system, today only partially pedestrian, that if properly valued can represent a huge resource for the entire community, as well as highlighted in the master plan of Rogers Stirk Harbour & partners. In all these spaces there are today marked critical issues related to comfort and a high degree of climate vulnerability, due to the high presence of impervious surfaces, the almost exclusive use of hot materials (Dessi, 2018), the absence of advanced rainwater management systems and the fragmentation of green areas.

The mobility spine has an area of 92,990 mq. This spine is interesting for the presence of green public areas "to standard", flanked by a road, made as an alternative to the historical axis, subject to a high vehicular transit, which are well suited to urban forestry interventions integrated with Nature-Based Solutions (NBS) in areas such as flowerbeds, public gardens and school yards.

The reference is to the courtyard of the Secondary School of first grade "E. Fermi" (area Rq04e), largely asphalted and today barely used by the same students of the school.

As regards the development transect, the areas covered by the demonstrator project are the public space system provided by the urban planning forecast and the unitary projects in the TR04a, TR04b, TR04c, TR04c and TR04c bis areas, TR03b, RQ02e, RQ04c described above, with a total surface area of 375,295 m².

The proposed actions consider as an ex ante state not the

current state of the area, which is to date largely unchanged, but the application of the transformations provided by the municipal planning instruments (Comune di Scandicci, 2019a), making a time shift to the near future, while as an *ex post scenario* is evaluated the adoption of improvements compared to planning guidelines.

5.4 ASSESSMENT OF CLIMATIC CRITICALITIES

5.4.1 Ex ante thermal simulations

In order to perform the necessary thermal analysis and obtain results with a high degree of detail in both areas, the renovation transect, given its larger size, has been subdivided into five sectors while the development transect has been elaborated as a single sector.

The sector corresponds to the portion of the urban system simulated by the software and consists of a grid composed of square cells of which it is necessary to indicate the dimensions. The latter have been defined in order to make an appropriate setting with respect to the scale investigated and the type of interventions evaluated, optimizing the use of the instrument in relation to the accuracy of the results and the reduction of the calculation times.

The five sectors of the renovation transect (Fig. 13) have dimensions of 430x430 m with cells of 2.15x2.15 m, defining a total area of 924,500 m². Each sector has been superimposed on adjacent sectors, for a surface of 10%, in order to reduce the approximations made by the software to the edges of the model and thus ensure greater accuracy in the processing of output data.

The development transect (Fig. 15), concerning a macro sector, involves the urban expansion area of the city, between the public axis Via Pascoli-Via Pantin and the highway (including in its interior, among other things, the parking exchanger of Villa Costanza recently built) and was modeled with a single framework of size 800x900 m and 3x3 m cells, for a total area of 720,000 m².

Following the sizing of the sectors, we proceeded with the modeling of the anthropic elements (buildings, artificial surfaces) and of the natural ones (natural surfaces and vegetation). The height and the footprint on the ground of the buildings and the materials used (Fig. 16) were derived from site surveys and information available on the network

For the inclusion of the trees in the digital models was used the GIS base of the public trees, including 34 tree species, provided by the Environment and Green Direction of the Municipality of Scandicci, while the private trees were located, similar to anthropic elements, through site surveys and checks with satellite tracking tools.

The climate data input phase (maximum and minimum hourly temperature and humidity, wind direction and intensity) and

gli impatti degli eventi climatici estremi, ma a migliorare permanentemente le condizioni di fruibilità degli spazi pubblici interessati;

- definizione di indici e parametri ambientali per le fasi di analisi, progetto e monitoraggio, utili alla valutazione delle vulnerabilità del territorio, all'identificazione delle strategie di intervento e alla valutazione dei risultati ottenuti;
- la definizione di un quadro d'interventi realizzabile per fasi in modo incrementale.

La spina degli spazi pubblici ha una superficie di circa 80.900 mq. Su di essa si affacciano le piazze principali di Scandicci in una sequenza di polarità che da piazza Giuseppe di Vittorio al centro della frazione di Casellina arriva a piazza della Resistenza (fulcro del nuovo "centro civico"), prosegue per piazza Togliatti, per concludersi a piazza Matteotti, luogo centrale del nucleo originario del Comune sorto lungo il tracciato della viabilità storica di collegamento con Firenze: un sistema, oggi solo in parte pedonalizzato che, se opportunamente valorizzato, può rappresentare una grandissima risorsa per l'intera comunità, come per altro messo in luce nel masterplan di Rogers Stirk Harbour & partners. In tutti questi spazi si rilevano oggi marcate criticità inerenti al comfort e un elevato grado di vulnerabilità climatica, dovuto all'elevata presenza di superfici impermeabili, all'impiego quasi esclusivo di *hot materials* (Dessi, 2018), all'assenza di sistemi evoluti di gestione delle acque piovane e alla frammentarietà delle aree verdi.

La spina della mobilità ha una superficie di 92.990 mq. Tale spina risulta interessante per la presenza di aree pubbliche verdi "a standard", affiancate a una strada, realizzata in variante all'asse storico, soggetta a un elevato transito veicolare, che ben si prestano a interventi di forestazione urbana integrati a *Nature-Based Solutions* (NBS) in aree quali aiuole, giardini pubblici e cortili scolastici. Il riferimento è al cortile della Scuola Secondaria di primo grado "E. Fermi" (area RQ04e), in gran parte asfaltato e oggi poco utilizzato dagli stessi alunni della scuola.

Per quanto riguarda il transetto di trasformazione, le aree interessate dal progetto dimostratore sono costituite dal sistema degli spazi pubblici prefigurato dagli strumenti di Piano e dai progetti unitari convenzionati nelle zone TR04a, TR04b, TR04c, TR04c bis, TR03b, RQ02e, RQ04c sopra descritte, la cui superficie complessiva ammonta a 375.295 mq.

Le azioni proposte considerano come stato *ex ante* non lo stato attuale dell'area, che risulta a oggi in gran parte ineditata, ma l'applicazione delle trasformazioni previste dagli strumenti di pianificazione comunale (Comune di Scandicci, 2019a), effettuando uno slittamento temporale al prossimo futuro, mentre come scenario *ex post* viene valutata l'adozione di accorgimenti migliorativi rispetto agli indirizzi pianificatori.

5.4 VALUTAZIONE DELLE CRITICITÀ CLIMATICHE

5.4.1 Simulazioni termiche allo stato ex ante

Per poter effettuare le necessarie analisi termiche e ottenere risultati con un elevato grado di dettaglio in entrambi gli ambiti, il transetto di riqualificazione, date le sue dimensioni maggiori, è stato suddiviso in cinque quadranti mentre il transetto di trasformazione è stato elaborato come unico quadrante. Il quadrante corrisponde alla porzione del sistema urbano simulata dal *software* è costituito da una griglia composta da celle quadrate delle quali è necessario indicare le dimensioni. Queste

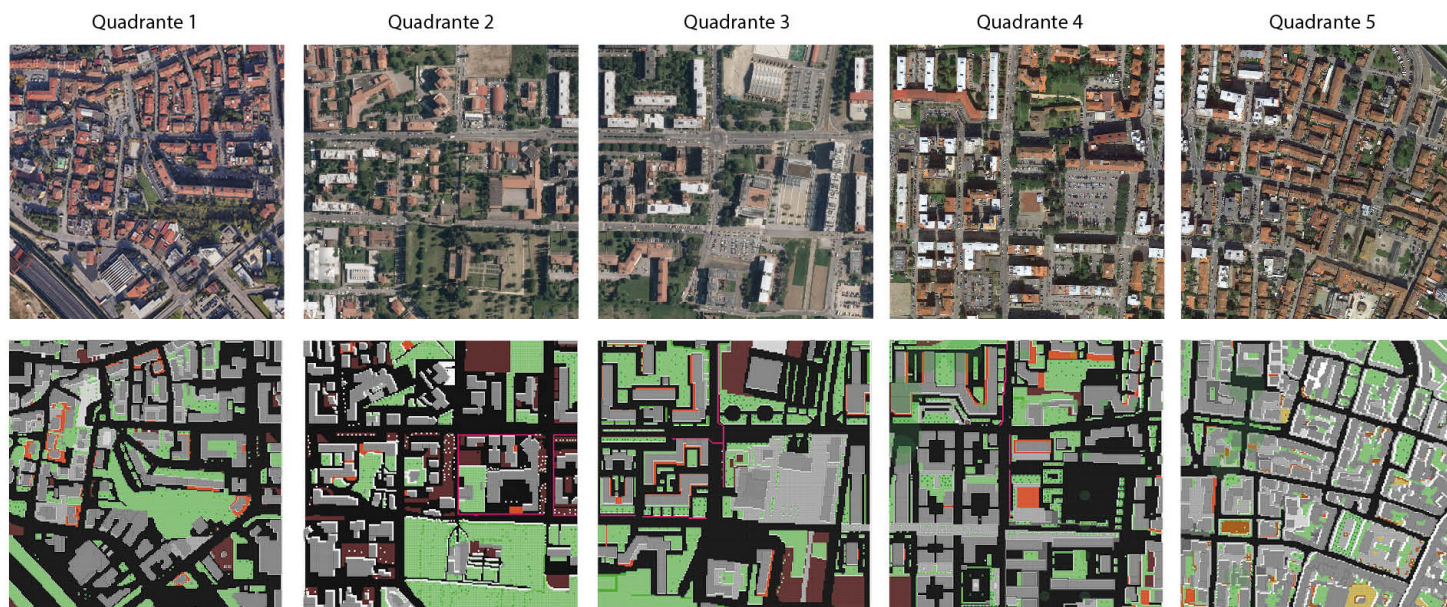


Fig. 13 - Transetto di riqualificazione: inquadramento satellitare dei 5 quadranti e rispettivi modelli elaborati con il software ENVI-met / *Renovation transect: satellite view of the 5 sectors and their respective models developed with the ENVI-met software* (Source: Authors' elaboration).

ultime sono state definite in modo da effettuare un'appropriata taratura rispetto alla scala indagata e alla tipologia degli interventi valutati, ottimizzando l'uso dello strumento in relazione alla precisione dei risultati e al contenimento dei tempi di calcolo.

I cinque quadranti del transetto di riqualificazione (Fig. 13) hanno dimensioni di 430x430 m con celle di 2,15x2,15 m, definendo un'area totale di 924.500 mq. Ciascun quadrante è stato sovrapposto a quelli adiacenti, per una superficie pari al 10%, al fine di ridurre le approssimazioni compiute dal software ai bordi del modello e quindi garantire una maggiore precisione nell'elaborazione dei dati di *output*.

Il transetto di trasformazione (Fig. 15), concernente un macro quadrante, coinvolge l'area di espansione urbana della città, tra l'asse pubblico via Pascoli-via Pantin e l'autostrada (comprendendo al suo interno, fra l'altro, il parcheggio scambiatore di Villa Costanza di recente realizzazione) ed è stato modellato con un unico quadrante di dimensioni 800x900 m e celle di 3x3 m, per un'area totale di 720.000 mq.

A seguito del dimensionamento dei quadranti, si è proceduto con la modellazione degli elementi antropici (edifici, superfici artificiali) e di quelli naturali (superfici naturali e vegetazione). L'altezza e l'impronta al suolo degli edifici e i materiali impiegati (Fig. 16) sono stati desunti da sopralluoghi e da verifiche di informazioni disponibili in rete.

Per l'inserimento delle alberature nei modelli digitali è stata usata la base GIS delle alberature pubbliche, comprendente 34 specie arboree, fornita dalla Direzione Ambiente e Verde del Comune di Scandicci, mentre le alberature private sono state inserite, analogamente agli elementi costruiti, attraverso sopralluoghi e verifiche con strumenti di localizzazione satellitare.

La fase di inserimento dei dati climatici (temperatura e umidità orarie massime

the start of the simulation (day, start time and duration of the simulation) was conducted with the support of the Institute of Biometereology of the CNR of Florence and Bologna.

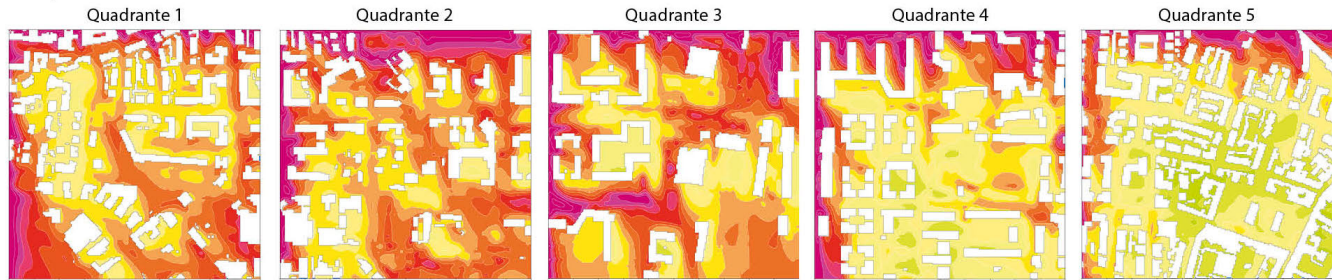
For thermal simulations, two different climatic conditions have been evaluated: the ordinary condition, corresponding to a typical summer day (21st June) obtained through the average of the climate values of the summer days of the last 25 years, and the extra-ordinary one, whose data are instead related to the hottest day recorded in the area of Scandicci, corresponding to 1st August 2017, representative of the extreme climate situation of the urban heat island.

For both conditions the data were collected by the San Giusto Climate Station (data point closest to the survey area) and are reported in Table 1 (Crisci et al., 2018).

From the data produced by the simulations, in ordinary and extra-ordinary condition, were extrapolated the outputs related to atmospheric temperatures (°C) and to the PMV (Predicted Mean Vote) and PET (Physiological Equivalent Temperature).

The PMV index was evaluated for an adult user (35 years) and an elderly user (75 years), in order to bring out the highest level of social vulnerability, given also the significant presence of the elderly population in the study area (Comune di Scandicci, 2008). For the PET index, only the response of the elderly user was assessed. The parameters were extrapolated at 16:00

Temperatura atmosferica



Legenda temperatura atmosferica (°C)



Indice di benessere outdoor PMV *Predicted mean vote* utente adulto (35 anni) e anziano (75 anni)



Legenda PMV (-)



Indice di benessere outdoor PET *Physiologically Equivalent Temperature* utente anziano (75 anni)



Legenda PET (°C)



Fig. 14 - Tronchetto di riqualificazione: *output* di temperatura atmosferica e indici di benessere PMV e PET / *Renovation transect: output of atmospheric temperature and PMV and PET indices* (Source: Authors' elaboration).

e minime, direzione e intensità del vento) e l'avvio della simulazione (giorno, orario di inizio e durata della simulazione) è stata condotta con il supporto dell'Istituto di Biometereologia del CNR di Firenze e Bologna.

Per le simulazioni termiche sono state valutate due condizioni climatiche differenti: la condizione ordinaria, corrispondente a un giorno tipico estivo (21 giugno) ricavato attraverso la media dei valori climatici dei giorni estivi degli ultimi 25 anni, e quella extra-ordinaria, i cui dati sono invece relativi al giorno più caldo registrato nell'area di Scandicci, corrispondente al 1° agosto 2017, rappresentativo della situazione climatica estrema dell'isola di calore urbana. Per entrambi le condizioni i dati sono stati rilevati dalla stazione climatica di San Giusto (punto di rilevamento più vicino all'area di interesse) e sono riportati nella Tabella 1 (Crisci et al., 2018).

at a height above the ground of 1.50 m to capture the perceived condition of the user.

The thermal simulations on the renovation transect (Fig. 14) show that the most stressed areas in extra-ordinary conditions are precisely the areas characterized by a concentration of asphalt surface and the absence of green areas and trees, where the total surface albedo is less than 0.3 (Q3). Different is the response of the historical fabric (Q5), in the proximity of Piazza Matteotti, in which are found lower temperature values given the higher density of buildings that implicates a higher degree of shading due to the buildings.

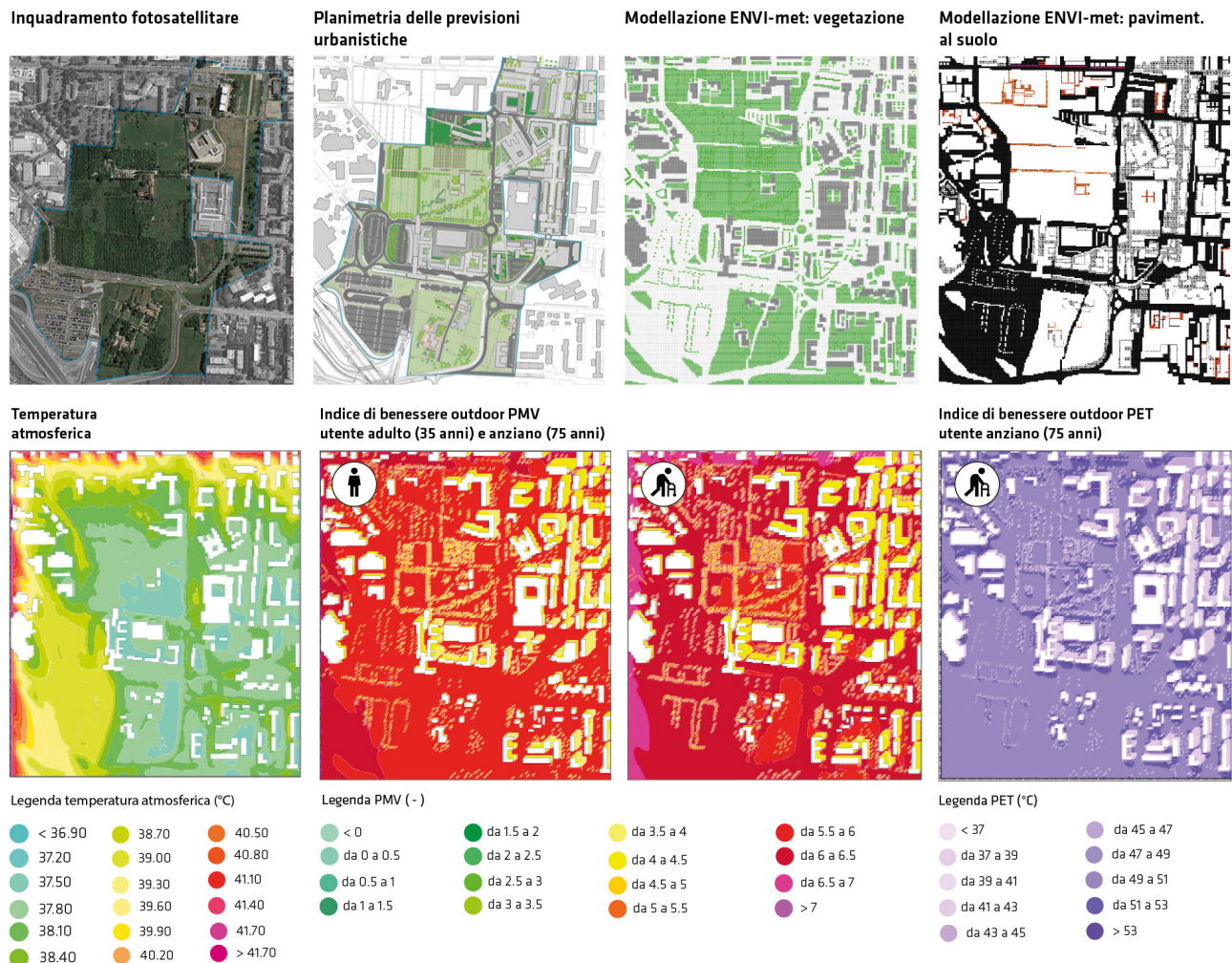


Fig. 15 - Transetto di trasformazione: inquadramento satellitare, planimetria delle previsioni urbanistiche, modello ENVI-met, output di temperatura atmosferica e indici di benessere PMV e PET / *Development transect: satellite view, general plan of urban planning, ENVI-met model, atmospheric temperature output and PMV and PET indices* (Source: Authors' elaboration).

| Materiali |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|---------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Albedo (-) | 0,2 | 0,5 | 0,2 | 0,3 | 0,2 | 0,8 | 0,5 | 0,3 | 0,8 | 0,2 |
| Calore specifico (J/kg K) | 1700 | 1700 | - | 840 | 879 | 700-900 | 700-900 | 700-900 | 720 | 879 |

Fig. 16 - Materiali al suolo allo stato attuale con albedo e calore specifico / *Ground materials at current state with albedo and specific heat* (Source: Authors' elaboration).

The results of thermal simulations carried out on the development transect (Fig. 15) show higher temperature values at the most asphalted areas (parking exchanger at Villa Costanza, Via Galilei, Via Sassetti), while the lowest temperature values are recorded in green areas where trees are located. The areas with the highest temperatures coincide with those with the worst levels of comfort, the elderly user is more stressed than the adult, with values of PMV up to 7.11 (Q3) and PET above 53°C.

A difference is recorded in the maximum and minimum values reached in the two transects. The renovation transect starts with values of 38.7°C up to peaks of 41.7°C, while the development transect shows values lower than 1.8°C, starting from 36.9°C and reaching temperatures between 40.2 and 40.5°C.

It should be noted that it is not possible to compare different simulations. The two transects are simulated in the same climate conditions but with different grid and cells sizes. Therefore, comparisons of simulations will be evaluated only between similar models, verifying the benefits obtained in the transition between the ex ante and ex post situation.

5.4.2 Ex ante hydraulic simulations

The application of the predictive method (Moccia & Sgobbo, 2016), used to evaluate the hydraulic behavior of the two transects, involved a thorough study of the surfaces on the ground. In order to quantify the real benefit achieved by the application of technological and spatial solutions, the value of surface runoff was measured only within the perimeter of the spines of public spaces.

The predictive method is an effective predictive tool for the case study, despite the simplifications made in dealing with hydraulic management compared to other engineering tools, given the substantial flatness of the entire area such that on a sector does not significantly affect the outflow of the adjacent one.

The classified materials (Fig. 17) have been grouped in different surfaces to which is attributed, on the basis of empirical

Dai dati prodotti dalle simulazioni, in condizione ordinaria ed extra-ordinaria, sono stati estrapolati gli *output* relativi alle temperature atmosferiche (°C) e agli indici di benessere outdoor PMV (*Predicted Mean Vote*) e PET (*Physiological Equivalent Temperature*). L'indice PMV è stato valutato per un fruitore adulto (35 anni) e uno anziano (75 anni), al fine di far emergere il livello di vulnerabilità sociale più elevato, data anche la notevole presenza di popolazione anziana nell'area di studio (Comune di Scandicci, 2008). Per l'indice PET è stata valutata esclusivamente la risposta dell'utente anziano. I parametri sono stati estrapolati alle ore 16:00 a un'altezza dal suolo di 1,50 m così da catturare la condizione percepita dell'utente considerato.

Le simulazioni termiche sul transetto di riqualificazione (Fig. 14) mostrano che le aree maggiormente stressate in condizioni extra-ordinarie, sono proprio le aree caratterizzate da una concentrazione di superficie asfaltata e dall'assenza di aree verdi e alberature, in cui l'albedo complessiva delle superfici è inferiore a 0,3 (Q3). Diversa è la risposta del tessuto storico (Q5), in prossimità di piazza Matteotti, in cui si riscontrano valori di temperatura più bassi data la maggiore densità edilizia che comporta un grado più elevato di ombreggiamento dovuto agli edifici.

I risultati delle simulazioni termiche operate sul transetto di trasformazione (Fig. 15) mostrano valori di temperatura più elevati in corrispondenza delle aree maggiormente asfaltate (parcheggio scambiatore di Villa Costanza, via Galilei, via Sassetti), mentre i valori di temperatura più bassi si registrano nelle zone verdi in cui sono presenti alberature. Le aree con le temperature maggiori coincidono con quelle con i peggiori livelli di comfort, l'utente anziano risulta essere più stressato

| Condizioni ordinarie (giorno tipico estivo) | | | | | | |
|---|----------------|----------------|--------------|--------------|----------------|------------|
| Dati | Temp. min (°C) | Temp. max (°C) | Hum. min (%) | Hum. max (%) | Wind sp. (m/s) | Wind. dir. |
| Valori | 18,15 | 30,42 | 38,42 | 84,08 | 1,5 | s-e |
| Orario | 05:00 | 15:00 | 14:00 | 05:00 | - | - |
| Condizioni extra-ordinarie (1° Agosto 2017) | | | | | | |
| Dati | Temp. min (°C) | Temp. max (°C) | Hum. min (%) | Hum. max (%) | Wind sp. (m/s) | Wind. dir. |
| Valori | 21,5 | 41,4 | 19 | 76 | 1,36 | n |
| Orario | 06:00 | 16:00 | 16:00 | 06:00 | | |

Tab. 1 - Valori dei dati climatici / *Values of climatic data* (Source: Alfonso Crisci - CNR IBIMET).

di quello adulto, con valori di PMV fino a 7,11 (Q3) e di PET sopra a 53°C.

Si registra una differenza sui valori massimi e minimi raggiunti nei due transetti. Il transetto di riqualificazione parte da valori di 38,7°C fino a picchi di 41,7°C, mentre il transetto di trasformazione riporta valori più bassi di 1,8°C, partendo da 36,9°C e raggiungendo temperature comprese tra 40,2 e 40,5°C.

Occorre sottolineare che non è possibile effettuare raffronti su simulazioni diverse. I due transetti sono simulati nelle stesse condizioni climatiche ma con dimensioni di griglia e celle differenti. Pertanto, le comparazioni delle simulazioni saranno valutate solamente tra modelli simili, verificando i benefici ottenuti nel passaggio tra la situazione *ex ante* e quella *ex post*.

5.4.2 Simulazioni idrauliche allo stato ex ante

L'applicazione del metodo predittivo (Moccia & Sgobbo, 2016), utilizzato per valutare il comportamento idraulico dei due transetti, ha comportato uno studio approfondito sulle superfici al suolo. Al fine di quantificare il reale beneficio raggiunto dall'applicazione delle soluzioni tecnologiche e spaziali, è stato misurato il valore di deflusso superficiale solamente entro il perimetro delle spine degli spazi pubblici.

Il metodo predittivo costituisce un efficace strumento valutativo per il caso studio, nonostante le semplificazioni apportate nell'affrontare la gestione idraulica rispetto ad altri strumenti ingegneristici, data la sostanziale planarità di tutta l'area tale per cui su un quadrante non influisce significativamente sul deflusso di quello adiacente.

I materiali censiti (Fig. 17) sono stati raggruppati in diversi ambiti spaziali ai quali viene attribuito, sulla base di verifiche empiriche e dati di letteratura, un valore di *runoff* (Moccia & Sgobbo, 2016; Ambrosini et al., 2020).

Per ottenere il coefficiente di *runoff* globale dell'area di studio, oltre alla classificazione in base alle proprietà idrauliche sopradescritta, è necessario quantificare il peso relativo di ciascuna categoria. Tale parametro rappresenta l'estensione superficiale della categoria in esame rispetto alla totalità dell'area considerata (ad esempio gli spazi verdi pubblici rappresentano il 14% del transetto della riqualificazione). La somma dei singoli coefficienti determina il coefficiente di *runoff* globale dell'area in esame, in questo caso delle due spine di intervento.

Anche per quanto riguarda le analisi sulle precipitazioni estreme il transetto di riqualificazione (Fig. 18) è stato trattato attraverso la medesima suddivisione in quadranti. La spina degli spazi pubblici rappresenta il 21% dell'intero transetto. Analizzando i risultati idraulici dei cinque quadranti, è possibile constatare che quelli con la percentuale di aree verdi maggiori (Q2, Q3) presentano valori di *ru-*

checks and literature data, a runoff value (Moccia & Sgobbo, 2016; Ambrosini et al., 2020).

To obtain the overall runoff coefficient of the study area, in addition to the classification based on the hydraulic properties described above, it is necessary to quantify the relative weight of each category. This parameter represents the surface area of the category in question compared to the whole of the area under consideration (e.g. green public spaces account for 14% of the renovation transect). The sum of the individual coefficients determines the overall runoff coefficient of the test area, in this case the two intervention spines.

Also concerning the analyses on the extreme precipitations the renovation transect (Fig. 18) has been treated through the same subdivision in sectors. The public spaces spine represents the 21% of the entire transect. Analyzing the hydraulic results of the five sectors, it can be seen that those with the highest percentage of green areas (Q2, Q3) have lower runoff values than those with more built areas or more extensively affected by soil sealing (Q1, Q4 and Q5).

Regarding the development transect (Fig. 19), the public spaces spine subject of regeneration represents 52% of the sector considered for the thermal simulations.

With regard to the hydraulic analyses carried out on the transects, the research focused on the soil permeability characteristics related to the surface phenomenon of the runoff given the lack of information on the functioning of the existing sewer system. The fragmentation of the data available on the grey infrastructure in the specific area of intervention was reported, during the interlocutory meetings, both by the representatives of the City Council involved in the research and by the scientific experts consulted.

Due to the inability of defining thoroughly the structure of the sewer system, the analysis focused on the characteristics of the catchment surfaces (on the ground and in cover). The design experimentation involved the use of natural solutions: Nature-Based Solutions (NBS) and Green Infrastructures (GIS).

The use of devices that can be easily integrated in the context of intervention and characterized by high levels of technical and economic feasibility and consistent with the general objectives of the research (cf. paragraph 5.5). The reconfiguration and/or restoration of the natural water network that develops within the agglomeration of Scandicci, currently buried, would have required not only substantial economic interventions but a profound rethinking of the relationship between the existing built environment and the waterways.

5.4.3 Definition of objective parameters and identification of priority areas of intervention

The tools used to assess the specific climatic hazards of the urban heat island and extreme rainfall, ENVI-met and the pre-

| | | | | | | | | |
|-----------------------------------|---|---|--|--|---|--|--|--|
| Ambiti spaziali |  infrastrutture lineari impermeabili |  spazi pubblici impermeabili |  spazi privati impermeabili |  spazi verdi pubblici |  spazi verdi privati |  coperture inclinate impermeabili |  coperture piane impermeabili |  suolo nudo |
| Coefficiente di runoff (-) | 0,90  | 0,90  | 0,85  | 0,15  | 0,15  | 0,85  | 0,95  | 0,25  |

Fig. 17 - Valori dei coefficienti di *runoff* per ciascun ambito spaziale / *Values of the runoff coefficients for each surfaces* (Source: Authors' elaboration).

dictive method, although widely used and recognized by the scientific community (D'Ambrosio & Leone, 2016; Dessi et al., 2017; Moccia & Sgobbo, 2016; Tucci & Cecafosso, 2020) have limitations in their use and results.

For this reason it was necessary to integrate the evaluation of other strictly objectives parameters, listed and described below: surfaces with a high degree of impermeability; sky view factor; urban aspect ratio; shading; arboreal road presence; albedo; specific heat of the materials on the ground.

The purpose of this analysis operation, carried out through a accurate mapping, was to be able to identify within the transects of investigation (Fig. 20, 21) the most critical areas - and therefore priority intervention - and support, compare and facilitate the reading of the results obtained from the other methods used.

The map of surfaces with a high degree of impermeability has been derived in relation to the runoff coefficient. The map highlights urban spaces with the highest level of impermeability, or those with a runoff coefficient of 0.9. These correspond mainly to linear infrastructure and impervious public outdoor spaces.

The analysis of the shading was carried out on the 1st of August, in correspondence of the typical day used for the microclimatic si-

noff più bassi di quelli maggiormente edificati o interessati in maniera più estesa dell'impermeabilizzazione del suolo (Q1, Q4 e Q5).

Per quanto riguarda il transetto di trasformazione (Fig. 19), la spina degli spazi pubblici oggetto di rigenerazione rappresenta il 52% dell'interno quadrante considerato per le simulazioni termiche.

In merito alle analisi idrauliche condotte sui transetti, la ricerca si è concentrata sulle caratteristiche di permeabilità del suolo connesse al fenomeno superficiale del runoff data la scarsità di informazioni sul funzionamento del sistema fognario esistente.

La frammentarietà dei dati disponibili sull'infrastruttura grigia esistente nell'area specifica di intervento è stata riportata, durante i confronti interlocutori, sia dai referenti dell'Amministrazione comunale che dagli esperti scientifici coinvolti nella ricerca.

A seguito dell'impossibilità di definire approfonditamente la struttura del sistema fognario, l'analisi si è concentrata sulle caratteristiche delle superfici captanti (al suolo e in copertura). La sperimentazione progettuale ha riguardato l'utilizzo di soluzioni naturali: *Nature-Based Solutions* (NBS) e *Green Infrastructures* (GIs). I dispositivi impiegati, facilmente integrabili nel contesto di intervento, risultano connotati da elevati gradi di fattibilità tecnica ed economica e coerenti con gli obiettivi generali della ricerca (cfr. paragrafo 5.5). La riconfigurazione e/o il ripristino della rete idrica naturale che si sviluppa all'interno dell'agglomerato di Scandicci, attualmente interrata, avrebbe richiesto non solo interventi economicamente consistenti ma un ripensamento profondo del rapporto tra l'edificato esistente e i corsi d'acqua.

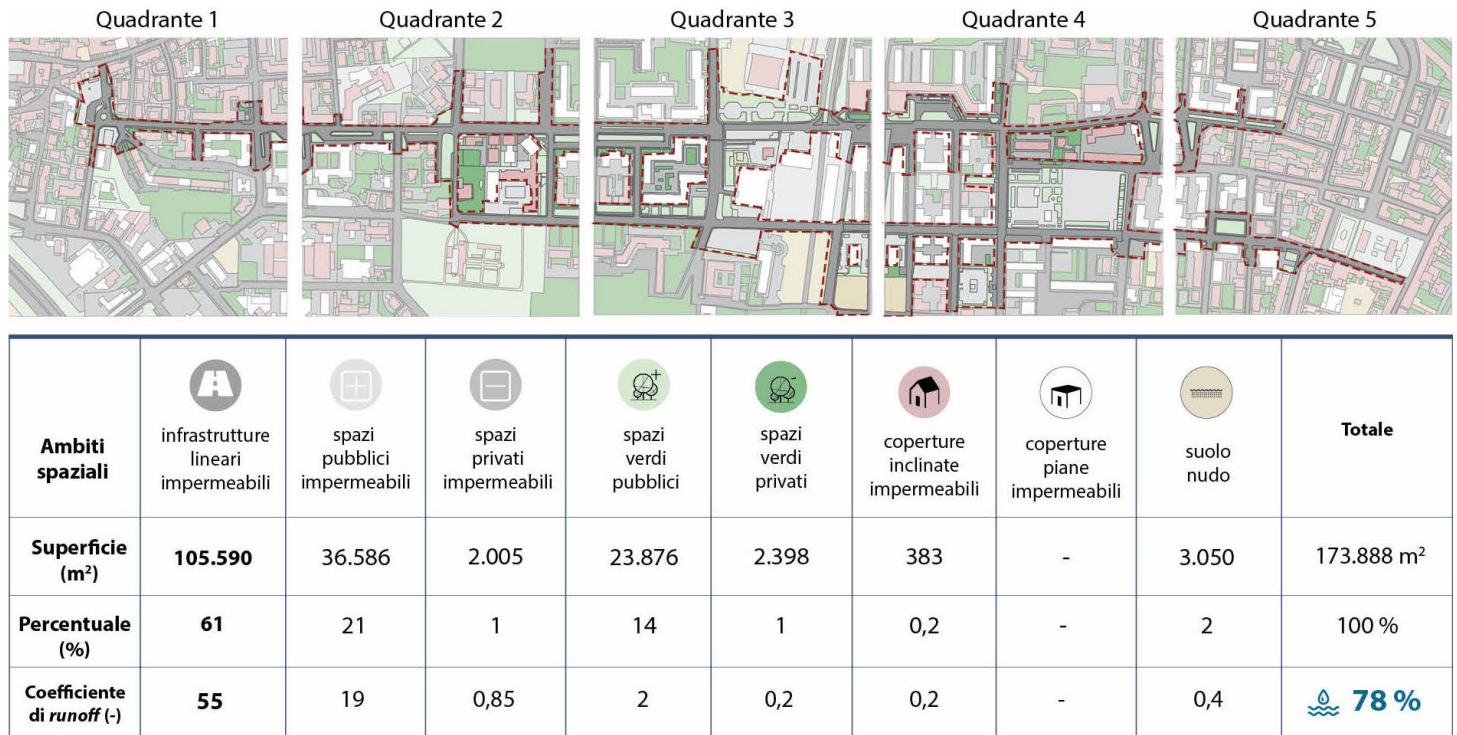


Fig. 18 - Planimetria del transetto di riqualificazione con riportati gli ambiti spaziali individuati e i rispettivi valori superficiali, percentuali e indice di runoff / Plan of the renovation transect showing the spaces identified and the respective spaces, percentage and runoff values (Source: Authors' elaboration).

5.4.3 Definizione dei parametri oggettivi e individuazione delle aree prioritarie di intervento

Gli strumenti impiegati per valutare gli *hazard* climatici specifici dell'isola di calore e delle precipitazioni estreme, ENVI-met e il metodo predittivo, seppur ampiamente utilizzati e riconosciuti dalla comunità scientifica (D'Ambrosio & Leone, 2016; Dessi et al., 2017; Moccia & Sgobbo, 2016; Tucci & Cecafofosso, 2020) presentano delle limitazioni nel loro utilizzo e nei risultati ottenuti.

Per questo motivo è risultato necessario integrare la valutazione di altri parametri, di seguito elencati e descritti, di natura strettamente oggettiva: superfici a elevato grado di impermeabilità; *sky view factor*; *urban aspect ratio*; ombreggiamento; presenza arborea stradale; albedo; calore specifico dei materiali al suolo.

Il fine di questa operazione di analisi, effettuata attraverso una mappatura puntuale, è stato quello di poter individuare all'interno dei transesti di indagine (Figg. 20, 21) le aree più critiche - e dunque prioritarie di intervento - e supportare, comparare e agevolare la lettura dei risultati ottenuti dagli altri metodi impiegati. La mappa delle superfici a elevato grado di impermeabilità è stata ricavata in relazione al coefficiente di *runoff*. La mappa evidenzia gli spazi urbani con il più elevato livello di impermeabilità, ovvero quelli con un coefficiente di *runoff* pari a 0,9. Questi corrispondono principalmente alle infrastrutture lineari e agli spazi aperti pubblici impermeabili.

L'analisi dell'ombreggiamento è stata effettuato al 1° agosto, in corrispondenza del giorno tipo utilizzato per le simulazioni microclimatiche con il *software* EN-

mulations with the software ENVI-met. Through the three-dimensional modeling of the buildings in the transects were obtained the shadows brought to the ground at different hours of the day: at 8:00, 12:00 and 16:00. The map shows with different chromatic gradations the shadows at different hours, highlighting the urban areas not shaded always exposed to direct solar radiation and those always shaded by the urban aspect ratio.

The urban aspect ratio (H/W) for the renovation transect shows a symmetrical situation in which the two historic urban areas at opposite ends (Scandicci in the South-East sector and Casellina in the North-West sector) show similar values. These two urban tissues have urban aspect ratio values between 0.1 and 1.5, falling, according to the classification of Vardoulakis et alii (2003), in the type of avenue (H/W < 0.5) and regular canyon (H/W = 1).

While urban areas classified as deep canyons (H/W > 2), in shades of dark red and purple, are limited to only two episodes. In the development transect, the values are similar to that of renovation. The avenue (H/W < 0,5) and regular canyon (H/W = 1) types are mainly concentrated along the new urban renewal axis that coincides with the tramway line. The typologies of suburban aspect ratio (H/W between 0.1-0.5) are diffused












| Ambiti spaziali | Superficie (m ²) | Percentuale (%) | Coefficiente di runoff (-) |
|---|------------------------------|-----------------|---|
|  infras. lineari impermeabili | 86.294 | 23 | 21 |
|  spazi pubblici impermeabili | 77.725 | 21 | 19 |
|  spazi privati impermeabili | 18.438 | 5 | 4 |
|  spazi verdi pubblici | 117.312 | 31 | 5 |
|  spazi verdi privati | 24.966 | 7 | 1 |
|  coperture inclinate | 5.773 | 2 | 1 |
|  coperture piante | 37.620 | 10 | 10 |
|  suolo nudo | 13.619 | 2 | 0,5 |
| Totale | 375.295 m² | 100 % |  62 % |

Fig. 19 - Planimetria del transetto delle trasformazioni con riportati gli ambiti spaziali individuati e i rispettivi valori superficiali, percentuali e indice di *runoff* / Plan of the development transect showing the spaces identified and the respective surface, percentage and runoff values (Source: Authors' elaboration).

while the cases of deep canyon ($H/W > 2$) are rare limited to the short sides of the buildings facing the new axis.

The thematic map of the albedo identifies the corresponding value for each material on the ground, considering both natural and artificial materials. At the same time has been developed the map of the specific heat (Dessi, 2018).

The thematic map developed for the sky view factor was derived from urban analysis carried out at the level of the urban District. For values close to 0, then where sky vision is reduced, darker shades are associated. Conversely, at values close to 1, or those in which the vision is free, clear chromatic shades have been associated.

To highlight the presence of road trees in the respective thematic map were used the information obtained from the GIS database of public trees of the Municipality of Scandicci. These were returned based on the species present by highlighting on the map the road infrastructure without trees.

In order to identify the priority areas of intervention within the survey transects, the most critical performance ranges have been selected from the chosen objective parameters and it has been using the method of overlapping the information layers with the same colour gradient (method of overlaying). From the cross-comparison between the maps of the objective parameters

VI-met. Attraverso la modellazione tridimensionale degli edifici nei transetti sono state ricavate le ombre portate al suolo a diverse ore del giorno: alle 8:00, 12:00 e 16:00. La mappa mostra con differenti gradazioni cromatiche le ombre alle diverse ore, evidenziando le aree urbane non ombreggiate sempre esposte alla radiazione solare diretta e quelle sempre ombreggiate per effetto dell'*urban aspect ratio*.

L'*urban aspect ratio* (H/W) per il transetto di riqualificazione mostra una situazione simmetrica in cui le due aree urbane storiche collocate agli estremi opposti (Scandicci nel settore sud-est e Casellina nel settore nord-ovest) mostrano valori simili. Questi due tessuti urbani presentano valori di *urban aspect ratio* compresi tra 0,1 e 1,5 rientrando, secondo la classificazione di Vardoulakis et alii (2003), nella tipologia di *avenue* ($H/W < 0,5$) e *regular canyon* ($H/W = 1$). Mentre le aree urbane classificate come *deep canyon* ($H/W > 2$), in toni di rosso scuro e viola, sono circoscritte solamente a due episodi. Nel transetto di trasformazione i valori si mantengono analoghi a quello di riqualificazione. Le tipologie *avenue* ($H/W < 0,5$) e *regular canyon* ($H/W = 1$) si concentrano prevalentemente lungo il nuovo asse di riassetto urbano coincidente con la linea tramviaria. Sono diffuse le tipologie di *suburban aspect ratio* (H/W compresi tra 0,1-0,5) mentre sono rari i casi di *deep canyon* ($H/W > 2$) limitati ai lati corti degli edifici prospicienti al nuovo asse.

La mappa tematica dell'albedo individua per ciascun materiale al suolo il corrispondente valore, considerando sia materiali naturali che artificiali. Contestualmente alla carta dell'albedo è stata redatta quella per il calore specifico (Dessi, 2018).

La mappa tematica elaborata per lo *sky view factor* è stata ricavata dalle analisi

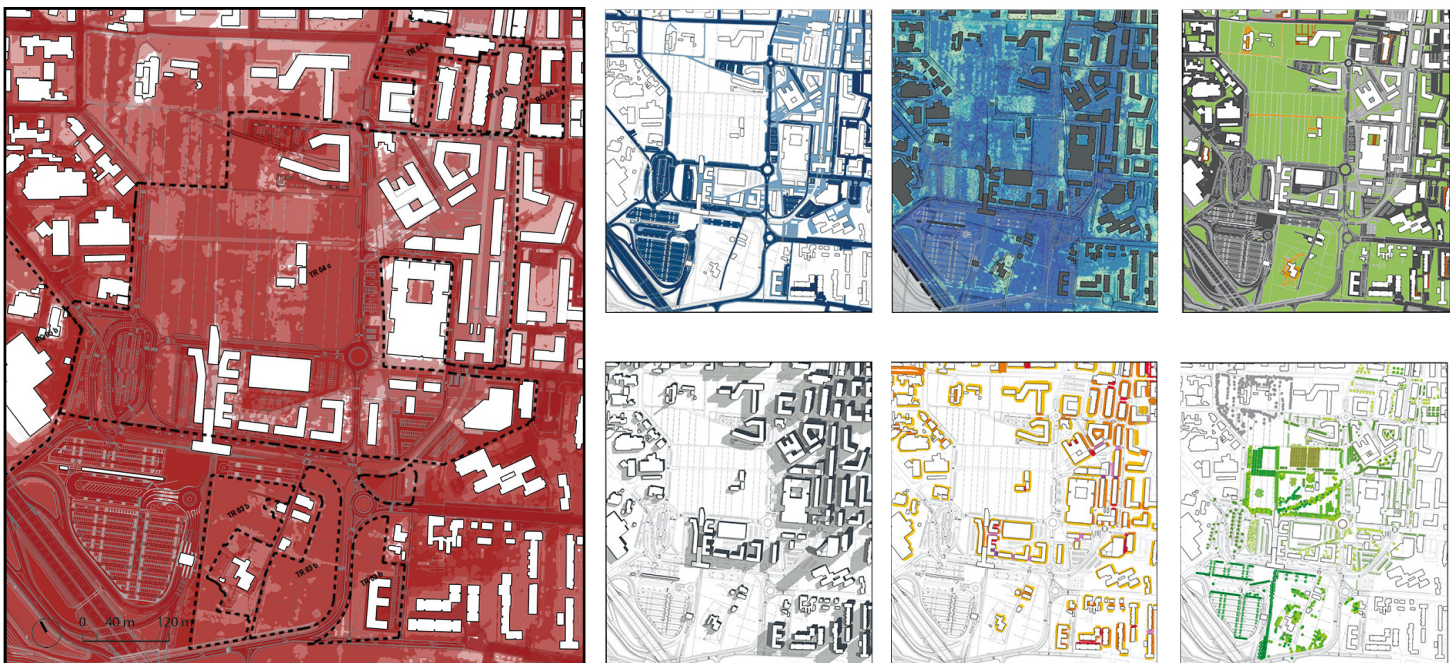


Fig. 20 - Transetto delle trasformazioni. A sinistra la mappa delle aree prioritarie di intervento, a destra le mappe tematiche degli indicatori di criticità / *Development transect*. On the left, the map of the priority areas of intervention, on the right the sequence of the thematic maps of the critical indicators (Source: Authors' elaboration).

urbanistiche effettuate a livello del Distretto urbano. Per valori prossimi allo 0, quindi in cui la visione del cielo è ridotta, sono associate tonalità più scure. Viceversa, a valori prossimi a 1, ovvero quelli in cui la visione è libera, sono state associate tonalità cromatiche chiare.

Per evidenziare la presenza arborea stradale nella rispettiva carta tematica sono state utilizzate le informazioni ricavate dal database GIS delle alberature pubbliche del Comune di Scandicci. Queste sono state restituite in base alle specie presenti evidenziando nella mappa le infrastrutture stradali prive di alberature.

Al fine di identificare le aree di intervento prioritarie all'interno dei transetti di indagine sono stati selezionati i *range* prestazionali più critici tra i parametri oggettivi scelti ed è stato utilizzato il metodo della sovrapposizione degli strati informativi con la stessa gradazione di colore opacizzato (metodo dell'*overlaying*). Dal confronto incrociato tra le mappe dei parametri oggettivi e le aree di trasformazione e riqualificazione derivanti dal Piano Operativo 2019 del Comune di Scandicci è stato possibile individuare e perimetrare le aree maggiormente critiche dove indirizzare gli interventi metaprogettuali.

Per comprendere meglio i risultati delle simulazioni termiche relativi agli *output* della temperatura atmosferica è utile effettuare un confronto incrociato tra i quadranti e gli indicatori di criticità evidenziati nelle mappe tematiche (Tab. 2). Si prendono ad esempio il quadrante 3 (Q3), dove si riscontrano i valori di temperatura più elevati e prossimi al picco (41,7°C), e il quadrante 5 (Q5) con la maggiore presenza dei valori più bassi (38,7°C). Una prima considerazione deriva dal fatto

and the areas of development and renovation deriving from the Operational Plan of the Municipality of Scandicci it has been possible to identify and perimeter the most critical areas where to direct the metadesign interventions.

To better understand the results of the thermal simulations related to the outputs of the atmospheric temperature it is useful, at this point, to make a cross-comparison between the sectors and the criticality indicators highlighted in the thematic maps (Tab. 2). Take for example sector 3 (Q3), where the highest temperature values are found and close to the peak (41,7°C), and sector 5 (Q5) with the highest presence of the lowest values (38,7°C). A first consideration arises from the fact that, as can be seen in Table 2, Q3 has a greater sunlight of urban spaces given by the high sky view factor values (0.7-1.0), a poor shading due to buildings, a poor presence or absence of urban canyons and a higher presence of surfaces with high albedo (83%). Although Q5 has a higher presence of impervious surfaces (82%) and a higher building density, the high shading of buildings, the high presence of urban canyons (although in the range H/W 1: urban canyons shallow and wide) and the lower percentage of high albedo surfaces (0.30) contribute to lower temperature values.

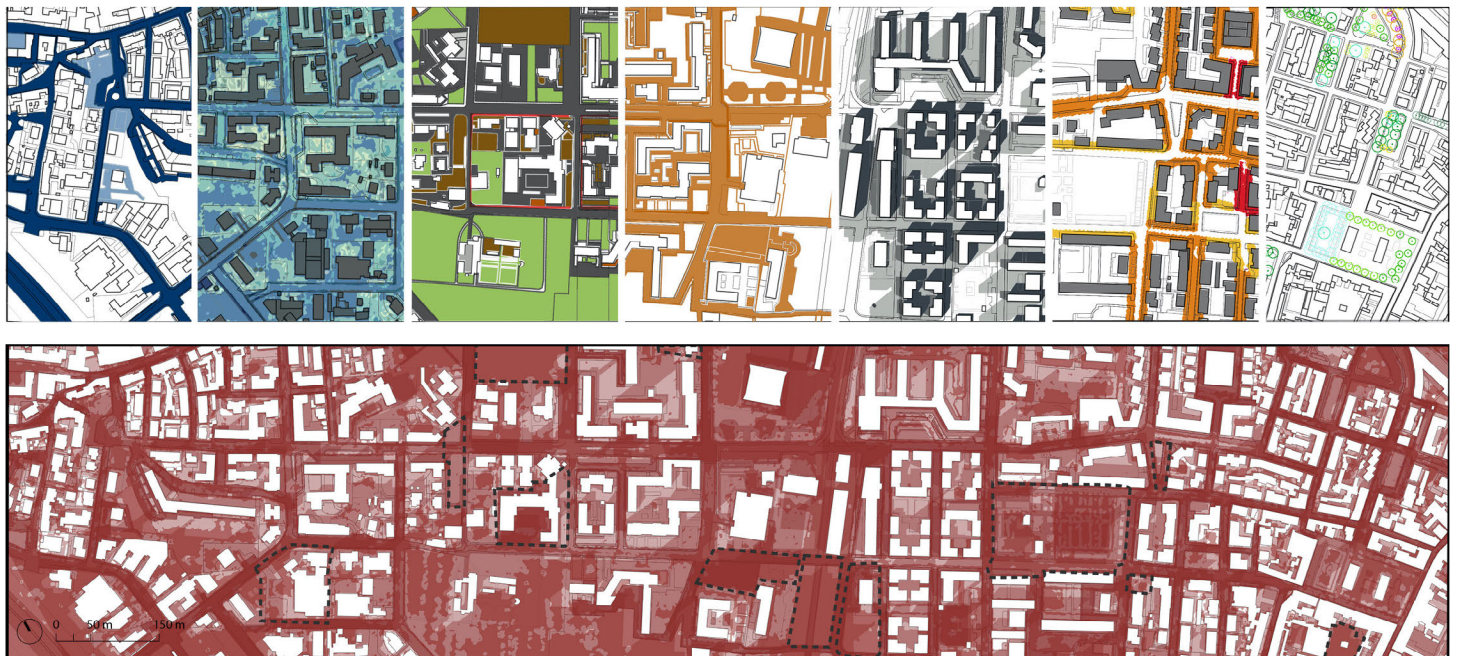


Fig. 21- Transetto di riqualificazione. In alto in sequenza le mappe tematiche degli indicatori di criticità, in basso la mappa delle aree prioritarie di intervento / *Renovation transect*. Above: the sequence of the thematic maps of the critical indicators; below: the map of the priority areas of intervention (Source: Authors' elaboration).

5.5 METADESIGN SCENARIOS FOR CLIMATE ADAPTATION

5.5.1 Strategic themes of intervention for the urban District of Scandicci and integration between the two repertoires

The experimentation phase was based on the adoption of “metadesign” scenarios. The objective is to develop strategic configurations for the transects and evaluate the effectiveness of climate adaptation solutions against the impacts of the heat island and extreme rainfall, while providing multiple benefits compared to the critical issues present in the context of intervention.

The metadesign scenarios are not intended to define definitive projects, but flexible and compatible alternatives for the study area, among which the public administration can choose through a series of specific related parameters, such as cost of interventions, simplicity and speed of implementation, integration with other strategic guidelines already being applied, etc.

The renovation and development area are linked by a procedural and design approach that is implemented through the following six themes of intervention, placed at the base of the definition of the scenarios:

- actions on ground level, focusing on public spaces without the involvement of the building;
- use of solutions that respond to both investigated hazards, urban heat island and heavy rainfall;
- widespread application of Nature-Based Solutions (NBS);
- integration of Green Infrastructures (GIs) in order to create a network of new urban areas full of urban nature starting from the interconnection and enhancement of existing green areas;
- installation of temporary structures, made of lightweight construction systems, designed to improve the microclimate and support urban uses, both existing and new, of public space;
- upgrading of infrastructure for slow mobility to achieve high levels of accessibility.

A study on the typologies of the public spaces in the two transects was carried out before starting the metadesign phase. This first step led to the creation of a second research repertoire. In the research process, the work on the public spaces typologies has played a linked role between the knowledge framework and the results of the first repertoire of spatial and technological adaptation solutions, developed in the previous phase of the research.

In both the transects, therefore, classes of similar urban elements have been identified, for physical-spatial and environmental characteristics. To these spaces it is possible to match specific groups of technical-design solutions that will be used later in the scenarios of intervention on the transects. According to the categorization made in the first repertoire, the types of public spaces considered are five: street, square, court, garden and parking.

| Quadranti | Superfici impermeabili | Sky View Factor (0,7 - 1,0) | Ombreggiamento degli edifici | Urban Aspect Ratio (H/W>1) | Presenza arborea | Albedo (a < 0,3) |
|-------------|------------------------|-----------------------------|------------------------------|----------------------------|------------------|------------------|
| Quadrante 3 | 72% | elevato | scarso | elevati | 871 el. | 83% |
| Quadrante 5 | 82% | basso | elevato | scarsi o assenti | 575 el. | 68% |

Tab. 2 - Valori degli indicatori di criticità desunti dalle mappe tematiche per i quadranti 3 e 5 e loro confronto / Values of criticality indicators taken from thematic maps of the sectors 3 and 5, and their comparison.

che, come si può osservare nella Tabella 2, il Q3 presenta una maggiore assolazione degli spazi urbani data dai valori di *sky view factor* elevati (0,7-1,0), uno scarso ombreggiamento dovuto agli edifici, una scarsa presenza se non assenza di *canyon* urbani e una maggiore presenza di superfici con albedo elevata (83%). Nonostante il Q5 abbia una maggiore presenza di superfici impermeabili (82%) e una più elevata densità edilizia, l'elevato ombreggiamento degli edifici, l'elevata presenza di *canyon* urbani (seppur nei range H/W < 1: *canyon* urbani poco profondi e larghi) e la minor percentuale di superfici ad albedo elevata (< 0,3) contribuiscono a restituire valori di temperatura più bassi.

5.5 SCENARI METAPROGETTUALI PER L'ADATTAMENTO CLIMATICO

5.5.1 Temi strategici di intervento per il Distretto urbano di Scandicci e integrazione applicativa tra i due repertori

La fase di sperimentazione si è basata sull'adozione di scenari di tipo “metaprogettuale”. L'obiettivo è di elaborare prefigurazioni strategiche dei transetti e valutare l'efficacia delle soluzioni di adattamento climatico nei confronti degli impatti dell'isola di calore e delle precipitazioni estreme, apportando al contempo benefici multipli relativamente alle criticità pregresse riscontrate nel contesto di intervento.

Gli scenari metaprogettuati non intendono costituire visioni concluse e definitive, ma alternative flessibili e compatibili con l'area di studio, fra le quali la Pubblica Amministrazione possa scegliere in base a una serie di parametri legati alla propria specificità, quali economicità degli interventi, facilità e rapidità di esecuzione, integrazione con ulteriori indirizzi strategici già in via di applicazione, etc.

I due ambiti della riqualificazione dell'esistente e della valutazione delle previsioni pianificatorie sono accomunati da una matrice di approccio processuale e progettuale che si attua attraverso i seguenti sei temi di intervento, posti alla base della definizione degli scenari:

- azione a livello del suolo, focalizzata sugli spazi pubblici senza il coinvolgimento dell'edificato;
- impiego di soluzioni capaci di rispondere a entrambi gli *hazard* trattati, isola di calore e piogge torrenziali;
- applicazione diffusa delle *Nature-Based Solutions* (NBS);
- integrazione di *Green infrastructures* (GIs) in modo da identificare una rete capillare di nuovi ambiti di naturalità urbana a partire dalla interconnessione e dalla valorizzazione delle aree verdi esistenti;
- installazione di dispositivi temporanei, realizzati con sistemi costruttivi leggeri, funzionali al miglioramento del microclima e al supporto degli usi urbani, sia

esistenti che nuovi, dello spazio pubblico;

- potenziamento delle infrastrutture per la mobilità lenta per raggiungere elevati livelli di accessibilità.

L'avvio della fase metaprogettuale è stato preceduto dalla tipizzazione degli spazi pubblici dei transesti che ha portato alla composizione del secondo repertorio prodotto dalla ricerca. Nell'iter della ricerca, la tipizzazione svolge il ruolo di anello di congiunzione tra il quadro conoscitivo e i risultati del repertorio di soluzioni spaziali e tecnologiche di adattamento, sviluppato nella prima fase della ricerca.

All'interno dei transesti, dunque, sono state individuate classi di elementi urbani simili, per caratteristiche fisico-spaziali e ambientali, ai quali è possibile far corrispondere specifici gruppi di soluzioni tecnico-progettuali, impiegate successivamente negli scenari di intervento sui transesti. Coerentemente con la categorizzazione operata nel primo repertorio, le tipologie di spazi pubblici considerate sono cinque: strada, piazza, corte, giardino, parcheggio.

Gli spazi da analizzare sono stati individuati attraverso sopralluoghi di progetto e avvalendosi della "Disciplina dei suoli e degli insediamenti" del Piano Operativo 2019-2024 (Comune di Scandicci, 2019a).

Le cinque categorie di spazi pubblici sono state schedate riportando per ciascuno i caratteri tipologici distintivi. Alla schedatura degli elementi spaziali costituenti le spine di intervento è seguita l'identificazione dei tipi rari, medi o frequenti. Questa scansione è stata eseguita osservando dalle schede i caratteri tipologici che si ripetevano maggiormente negli spazi dei transesti, facendo emergere le caratteristiche più diffuse nel tessuto urbano di Scandicci.

L'approfondimento conoscitivo sugli elementi dello spazio è terminato con la selezione di un insieme di soluzioni *green*, *blue* e *grey* (Fig. 22) applicabili nei tipi più ricorrenti del Distretto, dunque un *tool kit* di strategie compatibili con le caratteristiche, gli usi e le funzioni del tessuto connettivo di Scandicci. Le soluzioni reperitoriate sono state selezionate privilegiando l'applicazione di dispositivi basati sulla natura capaci di rispondere alle criticità climatiche attraverso l'integrazione nello spazio connettivo di nuovi sistemi naturali urbani e soluzioni di adattamen-

The analyzed spaces have been identified through in-site inspections and using the "Disciplina dei suoli e degli insediamenti" (Regional landscape planning) of the Operational Plan 2019-2024 of the City of Scandicci (Comune di Scandicci, 2019a).

The five categories of public spaces have been analysed in detail and for each of which the distinctive typological characteristics have been identified. The classification of the spatial elements inside the intervention spines was followed by the identification of rare, medium or frequent types. This analysis was carried out by observing the typological characteristics that were most repeated in the spaces of the transests, bringing out the most common characteristics in the urban fabric of Scandicci.

The in-deep analysis on the elements of the space is finished with the selection of a set of green, blue and grey solutions (Fig. 22) usable in the most recurrent types of the District. Therefore, this operations have brought to identify a tool kit of strategies acceptable with the characteristics, the uses and functions of Scandicci connective spaces. The solutions identified in the repertoire have been selected focusing on the use of Nature-Based Solutions: able to react to climatic hazard and to create new natural systems for adaptation in the urban spaces. The development of the scenarios has been driven with the purpose of acting on the connection spaces through soft transformations, easy to implement and which do not change the current use and functions of the spaces.

The principle that driven the choice of solutions and the re-design of spaces was to develop minimal interventions and simple actions for an easy implementation by the Municipality. The actions had to be characterized by high technical practicability and affordability of the interventions, assessing the achieved benefits reached by the minimum up-grade of existing public spaces.

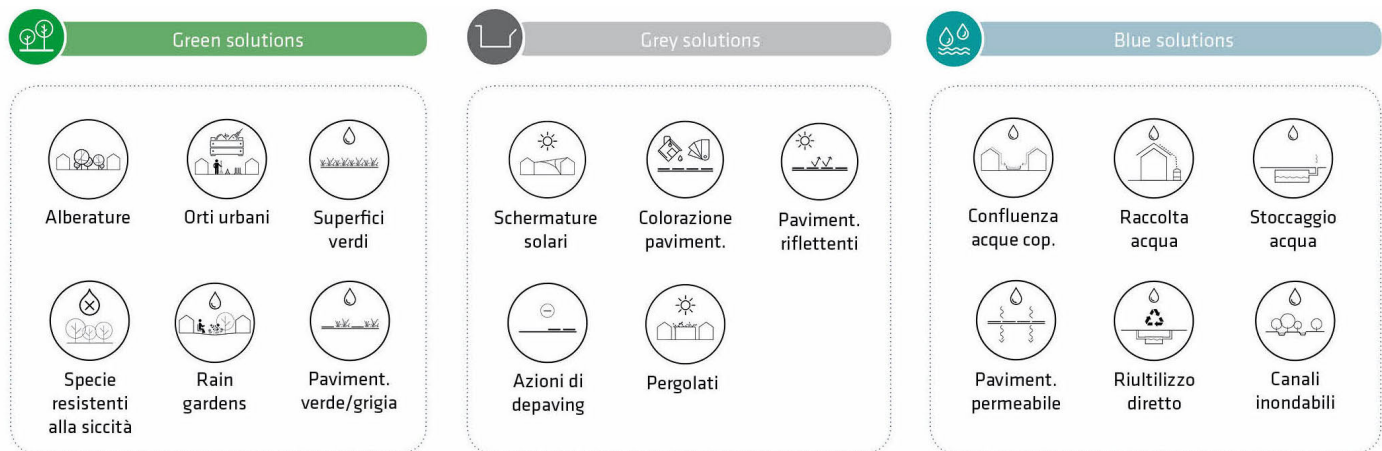


Fig. 22 - Soluzioni adattive compatibili e applicabili nelle aree di progetto suddivise tra *green*, *blue* e *grey* / *Admitted and suitable adaptive solutions for the project areas divided between green, blue and grey* (Source: Authors' elaboration).

Finally, the widespread adoption of Nature-Based Solutions (NBS) is common to all scenarios proposed. The NBS solutions have been chosen, compared to other “artificial”, for their multiple and particular advantages: integration of new natural areas, easy installation and management, low rate of technical components, affordability, intelligibility by citizens, responding to both climatic aspects (thermal and hydraulic hazards), innovative integration between urban and natural landscapes, fighting both mitigation and climate adaptation.

5.5.2 Demonstration projects on the two transects and description of the application of adaptive solutions

The metadesign scenarios developed for the two experimental transects find in the themes of intervention and in the two repertoires – the one on adaptive design solutions and the other on the typologies of the public spaces - the options to develop the project. The projects start from the common baselines and then differ in the two fields of investigation.

Within the five types of spaces, are applied similar solutions but with different outcomes that depending on the specific characters of each (Figg. 23a, 23b).

In the renovation transect, the technological adaptive solutions have been applied within the spaces of the spine. It develops following the two main roads and is connected by transversal segments placed in strategic points. The two roadways represent the main roads of the spine and have been redesigned with the aim of transforming these paths into green corridors characterized by the presence of trees. This has been achieved through depaving actions and the meticulous redistribution of the spaces between the roadways, the cycle-pedestrian routes

to. L’elaborazione degli scenari è stata guidata dall’intento di agire sul tessuto connettivo e aggregativo attraverso trasformazioni *soft* che risultino facilmente realizzabili e non impattanti sull’assetto funzionale attuale.

Il principio ordinatore che ha guidato la scelta delle soluzioni e il ridisegno degli spazi è quello di proporre interventi minimali e azioni semplici alla portata delle Amministrazioni Pubbliche, in quanto caratterizzati da elevata fattibilità tecnica ed economica, nell’ottica di valutare i benefici ottenibili da un *upgrade* minimo degli spazi pubblici esistenti.

Infine, comune a tutti gli scenari proposti, è l’adozione diffusa di *Nature-Based Solutions* (NBS). Le soluzioni a esse appartenenti sono state privilegiate, rispetto ad altre “artificiali”, per i loro plurimi e intrinseci vantaggi: integrazione di nuove sacche di naturalità, semplicità di installazione e gestione, basso tasso di componente tecnica, economicità, immediata recepibilità da parte della cittadinanza, bivalenza per gli aspetti termici e idraulici, innovativa integrazione tra paesaggio urbano e naturale, contrasto sia alla mitigazione che all’adattamento climatico.

5.5.2 Progetti dimostratori sui due transetti e descrizione dell’applicazione delle soluzioni adattive

Gli scenari metaprogettuali elaborati per i due transetti di sperimentazione trovano, nei temi di intervento e nella combinazione operativa tra i due repertori delle soluzioni di *adaptive design* e della tipizzazione degli spazi pubblici, le premesse per agire sui transetti, applicando indirizzi comuni che si specializzano nei due ambiti di indagine.

All’interno delle cinque tipologie di spazi si ritrovano soluzioni similari applicate con esiti differenti a seconda dei caratteri specifici di ciascuno (Figg. 23a, 23b).

Nel transetto di riqualificazione (Fig. 24) le soluzioni tecnologiche adattive sono state applicate negli spazi della spina che si sviluppa seguendo le due principali direttrici viarie longitudinali connesse da segmenti trasversali collocati in punti strategici. I due assi viari costituiscono le arterie della spina e sono stati ridisegnati con il fine di trasformare i percorsi carrabili in corridoi verdi caratterizzati dalla presenza delle alberature. Questo è stato ottenuto attraverso azioni di *depaving* e ri-

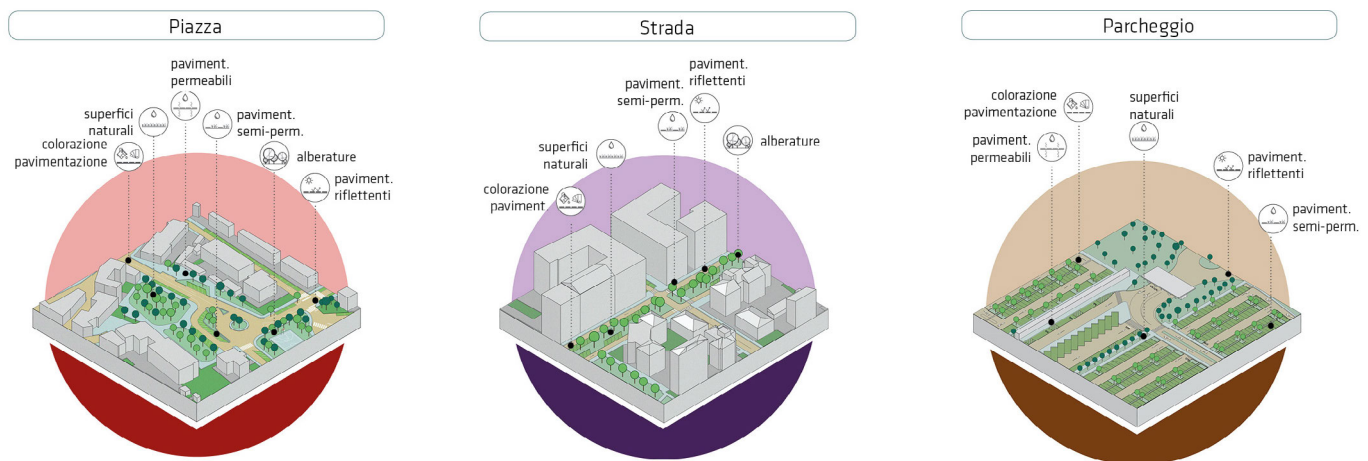


Fig. 23a - Tipologie di spazio pubblico sviluppate nel progetto: piazza, strada, parcheggio / Types of public space developed in the project: square, street, car parking (Source: Authors' elaboration).

distribuzione scrupolosa degli spazi tra le strade carrabili, i percorsi ciclo-pedonali e i corridoi verdi. L'obiettivo è quello di connettere, attraverso il verde stradale, il patrimonio del verde pubblico esistente, implementando le alberature presenti e realizzando aree verdi permeabili che affiancano i marciapiedi e le nuove piste ciclabili (Fig. 25). La riconfigurazione delle sezioni stradali non ha comportato l'eliminazione di parcheggi ma una loro revisione: sono state inserite alberature, le superfici al suolo sono state sostituite con pavimentazione drenante e dove necessario è stata modificata la disposizione planimetrica. Lo scopo di questa operazione è di destinare alle corsie per le manovre delle auto il minimo indicato dalla normativa e guadagnare spazio per alberature, piccole aree verdi o percorsi di *slow mobility*. Gli spazi urbani dislocati all'interno della spina costituiscono i principali spazi pubblici del Distretto: piazza Di Vittorio a nord, il cortile scolastico dell'Istituto "E. Fermi" e l'ingresso del comune al centro del transetto, la zona verde Parco Reggimen-tolupi di Toscana adiacente alle attrezzature sportive, piazza Togliatti e il giardino attrezzato di piazza della Repubblica.

Oltre a questi spazi di dimensioni e importanza maggiore per l'identità cittadina e la fruibilità pubblica, sui due assi si agganciano altri numerosi spazi di dimensioni più ridotte, destinati a parcheggi, aree verdi, percorsi carrabili nelle zone residenziali e spazi residuali sottoutilizzati o privi di usi specifici.

Il lavoro di rigenerazione ha quindi coinvolto sia spazi estesi che frammenti urbani, attribuendo un'importanza strategica a questi ultimi che sono stati oggetto di permeabilizzazione dei suoli e forestazione urbana.

Le piazze all'interno della spina sono numerose e ne identificano le polarità. A partire dall'estremo nord-ovest la prima che si incontra è piazza Giuseppe di Vittorio, proseguendo si arriva a piazza della Resistenza che non è stata inclusa nella spina data la sua recente riqualificazione, fino a giungere in piazza Togliatti, uno dei punti di riferimento della comunità locale per lo svolgimento del mercato. Le azioni adottate in tutte e tre le piazze sono state il ridisegno dei percorsi per ottenere zone pedonali ben distinte da quelle carrabili e garantire una maggiore sicurezza per gli utenti, la riduzione delle aree pavimentate a favore dell'incremento di quelle

and the green corridors. The aim is to connect, through these green solutions, the heritage of the existing public green, implementing the trees and creating new green and permeable areas next to the pavements and new bike paths. The reconfiguration of the road sections did not remove car parkings but gave only a redistribution of them: trees were planted, the surfaces on the ground have been replaced with draining floor and where necessary the layout has been modified. The purpose of this operation is to give to the car roads the minimum of the space indicated by the regimentations and gain surface for trees, small green areas or pedestrian paths. The urban spaces located within the spine are the main public areas of the District: Piazza Di Vittorio on the North, the school courtyard of the Institute "E. Fermi" and the entrance of the Municipality Hall in the center of the transect, the green area of Parco Reggimen-tolupi di Toscana next to the sports areas, Piazza Togliatti and the garden of Piazza della Repubblica.

In addition to these main and very important spaces for the city identity and public accessibility, there are many other smaller spaces, such as parking, green areas, roadways in residential areas and under-utilized or unused residual spaces.

The regeneration work therefore involved both extended spaces and urban residual areas. The latter have been extremely important as they have been subject to intervention of soil permeability and urban forestation.

The squares inside the spine are many and identify the main interested areas. Starting from the North-West side the first one we meet is Piazza Giuseppe di Vittorio, continuing we get to Piazza della Resistenza that has not been included in the spine because it has recently been redeveloped, until we reach Piazza Togliatti, one of the reference points of the local community for the presence of the market. The adopted actions in the three squares have been the redesign of the paths to create pedestrian areas separated from the carriageable ones and therefore ensure greater safety for users, the reduction of paved areas and the increase of green surfaces, the replacement of existing floors with cool and semi-permeable materials. Piazza Togliatti has been integrated with temporary structures to increase the urban quality and livability of space. These systems can accommodate the current market and other specific cultural and social uses.

The regenerating school courtyard belongs to the Secondary School "E. Fermi". The large central area used for recreational activities has been redesigned to expand the green areas and replace the existing concrete flooring with cool and semi-permeable materials. The trees have been increased and placed along the road as an acoustic barrier and in the middle of the courtyard as an element of shade and defense of the classrooms against overheating.

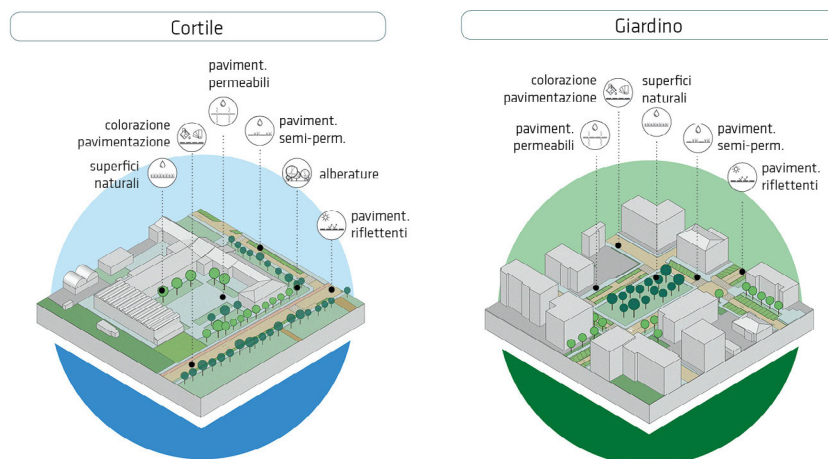


Fig. 23b - Tipologie di spazio pubblico sviluppate nel progetto: cortile e giardino / Types of public space developed in the project: courtyard and garden (Source: Authors' elaboration).

Masterplan metaprogettuale - Transetto di riqualificazione



Fig. 24 - Soluzioni tecnologiche e spaziali adottate nella spina del transetto di riqualificazione / *Technological and spatial solutions adopted in the intervention area of the renovation transect* (Source: Author 'elaboration).

verdi e la contemporanea sostituzione delle pavimentazioni esistenti con materiali *cool* e semi-permeabili. Piazza Togliatti è stata inoltre sede dell'installazione di dispositivi temporanei volti a incrementare la qualità urbana e la vivibilità dello spazio, oltre che ospitare il mercato attuale e altri usi di carattere culturale e sociale.

Il cortile scolastico oggetto di rigenerazione appartiene alla Scuola Secondaria di primo grado "E. Fermi". La vasta area centrale utilizzata per le attività ricreative e ludiche è stata ridisegnata per ampliare le aree verdi e renderle maggiormente incisive, inoltre la pavimentazione in cemento esistente è stata sostituita con materiali *cool* e semi-permeabili. Le alberature sono state aumentate e disposte lungo la strada come barriera acustica e al centro del cortile come elemento di ombreggiamento e difesa dal surriscaldamento delle aule interne.

Nelle molteplici aree verdi a giardino, disseminate lungo la spina, l'intervento propone di ridisegnarne il *layout* per ridurre la quota pavimentata e definire dei percorsi realizzati con terra battuta su cui si innestano zone ombreggiate con arredi per la sosta, incrementando inoltre le alberature per ottenere l'effetto "oasi" e garantire così un elevato grado di beneficio in termini di diminuzione delle temperature. Le aree verdi pubbliche esistenti sono state dunque rese più "massive" e sono state connesse attraverso i corridoi verdi stradali al fine di creare una rete naturale che si sviluppi ininterrottamente lungo la spina, garantendo una fruizione dagli elevati standard di benessere.

Nel transetto di trasformazione (Fig. 26) si considera come stato *ex ante* non la configurazione attuale dell'area, in gran parte ineditata, ma quella riportata nelle previsioni pianificatorie del Comune di Scandicci.

All'interno del transetto sono state ridisegnate le aree di riqualificazione e tra-

In many green areas in the gardens along the spine, the intervention proposes to redesign the layout to reduce the percentage of paved and create new paths made with beaten ground on which are located shaded areas with furniture for the rest. On these new paths, the trees are also increased to achieve the "oasis" effect and ensure high benefit in terms of reduced temperatures. The existing green public areas have been made more "massive" and connected through the green corridors along the roads. The purpose of this operation is to create a natural network that develops continuously along the spine, ensuring high standards of well-being. In the development transect (Fig. 26) it is considered as a current state not the actual configuration of the area, largely unbuilt, but the planning forecasts defined by the Municipality of Scandicci.

Within the transect, the renovated and development areas have been redesigned in order to increase the climate resilience. These spot areas have been connected to the planned pedestrian paths and roadways in order to reach widespread benefits within the intervention spine.

The spine has an L-shape with in the center the Parco dell'Acciaio, included within the TR04c and TR04c bis development areas. The longitudinal side corresponds to the axis of the tramway and on it overlooks the new buildings. The upper part of this side intersects with the spaces belonging to the intervention areas of the renovation transect. In particular, the pedestrian entrance to the Municipality and the parking lot next to it (TR04a area) and on the right the new building area (area RQ04c).

The cross side includes the tramway track till the end of the line and two large parking areas, one is the exchanger car parking of Villa Costanza, a focal point for the income mobility in the entire Florentine area, and a second large size parking lot next to it. The actions carried out on these two large areas and on area TR03b are fundamentals in the global assessment of the environmental impact of the entire transect.

The project scenario wanted to demonstrate how it is possible to obtain widespread benefits in terms of climate adaptation and urban livability already from morphological and material changes applied in a widespread way. Particular attention has been given to the car parking lots, which play a central role in addressing the impacts of extreme events.

5.6 PERFORMANCE VERIFICATION OF ADAPTATION MEASURES

5.6.1 Thermal simulations of the project configuration and their comparisons

In the metaesign scenarios, new materials have been added within the ENVI-met software (Fig. 28) characterized by perfor-

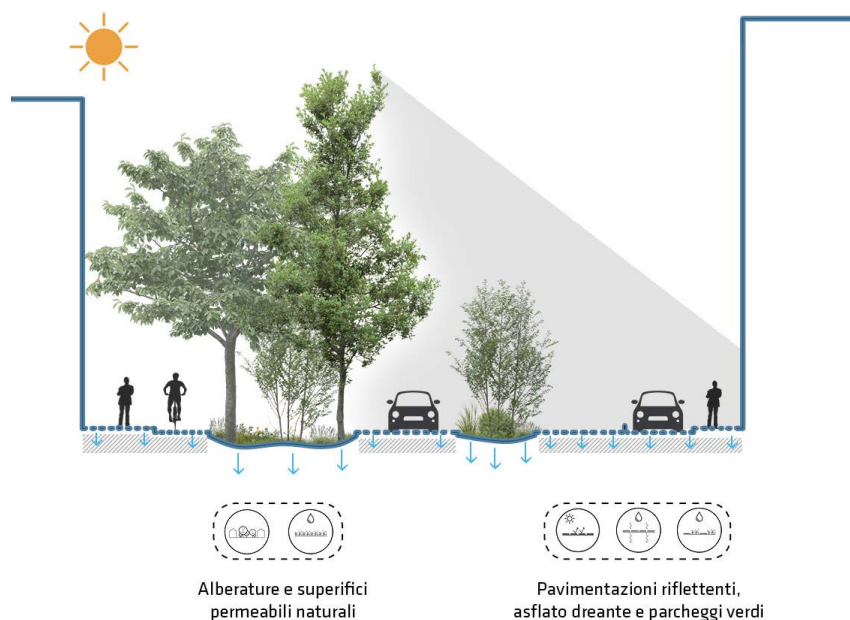


Fig. 25 - Sezione tipo di progetto in Via Donizzetti / *Type section of the project on Via Donizzetti* (Source: Authors' elaboration).

mance able to improve the thermal response of public outdoor spaces. In the selection of design materials, attention has been kept to those solutions able to bring benefits also on hydraulic behavior, so they have both high albedo values and an appropriate level of permeability. Through depaving actions and increase of the green areas it has been possible to plan new configurations of the aggregative spaces and of the street sections. The material

sformazione al fine di incrementarne il grado di resilienza climatica, questi spot sono stati connessi dagli assi di viabilità pedonale e carrabile previsti al fine di ottenere benefici diffusi all'interno della spina di intervento.

La spina assume una conformazione a L con al centro il Parco dell'Acciaiole, incluso all'interno delle aree di trasformazione TR04c e TR04c bis. Il braccio con andamento longitudinale corrisponde all'asse della tramvia e su di esso si affacciano gli edifici di nuova costruzione. Questa parte sommitale coincide in parte

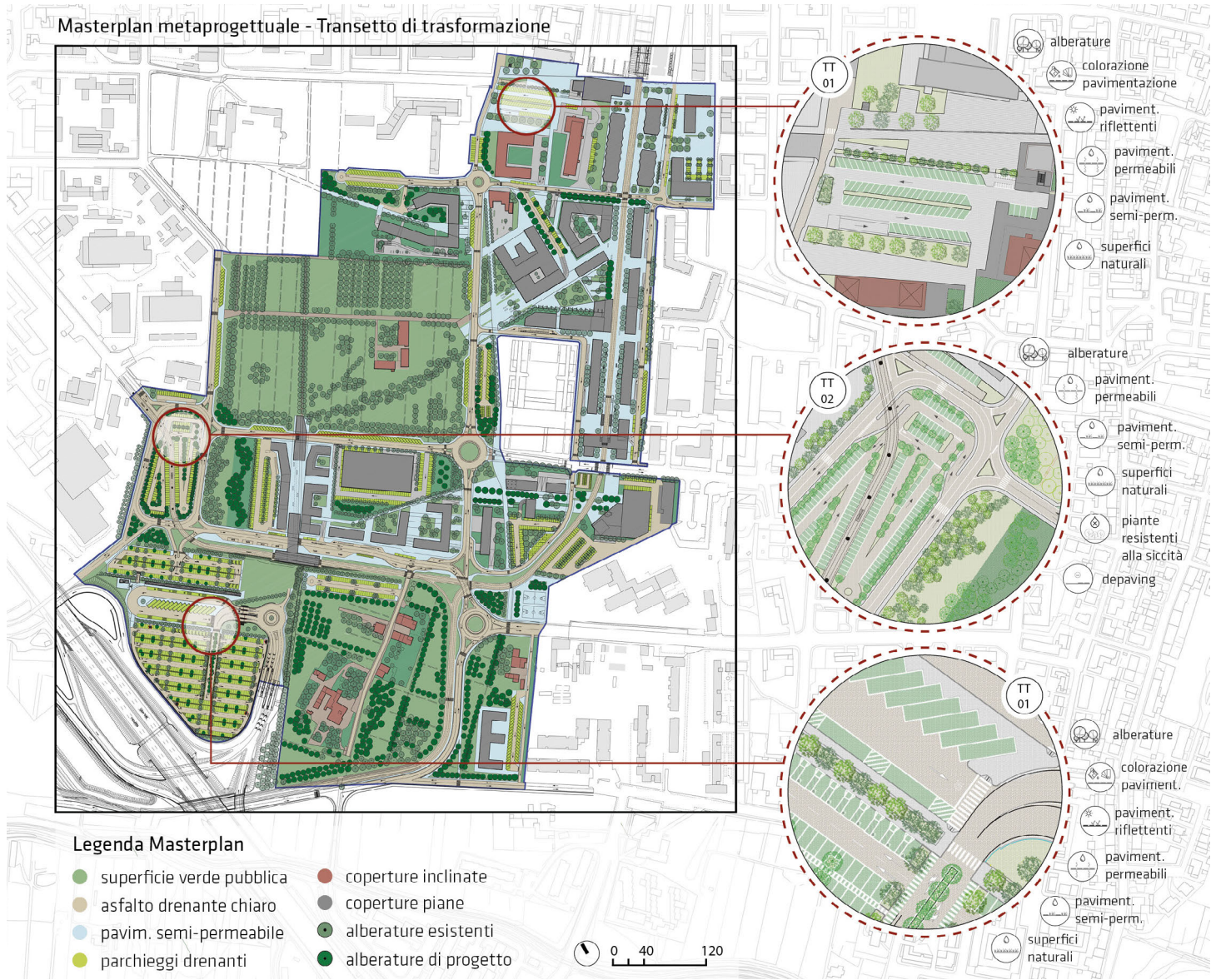


Fig. 26 - Soluzioni tecnologiche e spaziali adottate nella spina del transetto di trasformazione/ *Technological and spatial solutions adopted in the intervention area of the development transect* (Source: Authors' elaboration).

con gli spazi appartenenti alla spina del transetto di riqualificazione, in particolare l'ingresso pedonale al comune e il parcheggio prospiciente (area TR04a) e a destra l'area di nuova edificazione (area RQ04c).

Il tratto trasversale comprende il proseguimento del tracciato tramviario fino al capolinea della tramvia e due ampie aree di sosta, ossia il parcheggio scambiatore di Villa Costanza, polo nevralgico per la mobilità in ingresso in tutta l'area fiorentina e un secondo parcheggio adiacente di notevoli dimensioni. Le azioni effettuate su queste due ampie aree e sull'area TR03b risultano decisive nel ribilanciamento globale dell'impatto ambientale dell'intero transetto.

Lo scenario di progetto ha voluto dimostrare come sia possibile ottenere benefici diffusi in termini di adattamento climatico e vivibilità urbana già a partire da modifiche morfologiche e materiche applicate in maniera diffusa, ma in particolare nelle aree di sosta delle auto, le quali rivestono un ruolo strategico nell'affrontare gli impatti degli eventi estremi.

5.6 VERIFICA DI EFFICACIA DEGLI INTERVENTI DI ADATTAMENTO

5.6.1 Simulazioni termiche allo stato ex post e comparazioni

Negli scenari metaprogettuali sono stati aggiunti, all'interno del software ENVI-met, nuovi materiali (Fig. 28) caratterizzati da prestazioni in grado di influen-

used in the software for green surfaces is called "grass 25 cm" which corresponds to a layer of soil with grass. The solutions used for urban forestry actions (trees and green corridors) were included in the model as generic trees of two sizes (10 or 15 meters high) in relation to the availability of space for the crown.

In the development transect, the thermal simulations carried out at the beginning of the project (Fig. 27) show, in extraordinary conditions, a diffused reduction of the temperatures and of the well-being indices. It is possible to observe that the lowest values of the thermal parameters are reached in the spine of the public spaces, recognizable within the different sector. In particular, the sectors 2, 3 and 4, are those in which the worst conditions are observed. Within them are located the urban areas with the highest thermal differences: $-4,50^{\circ}\text{C}$ in the temporary structures located in Piazza Togliatti (Q4), $-2,50$ and $-3,50^{\circ}\text{C}$ in the pedestrian and vehicular paths (Q2 and Q3) next to the Municipal Hall of the city of Scandicci. Sectors 1 and 5 shows a widespread improvement over the current state, despite not being able to reach the values recorded in the central sectors. The reason for these lower values is justified by the lower surface area of the redesigned spaces in relation to the simulated

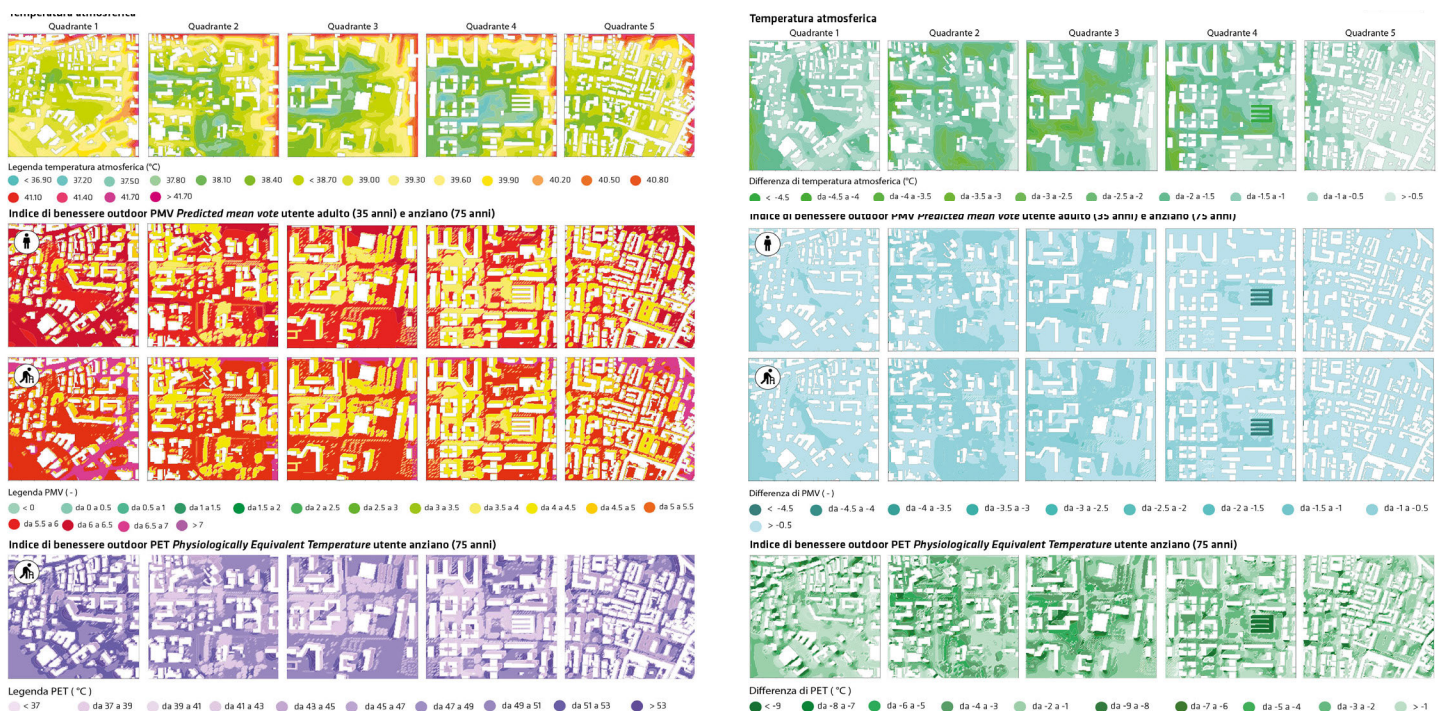


Fig. 27 - Estrapolazioni ex post e comparazioni ENVI-met di temperature atmosferiche e indici di benessere PMV e PET sul transetto di riqualificazione / Ex post ENVI-met extrapolations and comparison of the atmospheric temperatures and PMV and PET indices on the renovation transect (Source: Authors' elaboration).

area and the higher building density.


The development transect shows thermal and perceptive values that decrease less than measured in the detail sectors of the renovation transect (Fig. 29); however, remains the presence of highest benefits within the spines of public spaces.

The main benefits are located in the area of the exchanger car parking of Villa Costanza, along the road axes and in the area of the new building between the Parco dell'Acciaio and the Poli-moda Design Lab building. Even in this scenario, the highest increases in temperatures and perceived well-being are measured in shaded areas through trees and in depaved surfaces.

The simulations show, in both transects, how the elderly user is the one that has the worst indices in terms of PMV and PET and the highest differences between the current and the project configurations. This shows that the elderly are more sensitive - and therefore vulnerable - to changing in climate conditions and in the presence of an extreme climate phenomenon such as the urban heat island.

5.6.2 Application of the predictive method to the project configuration and their comparisons

The hydraulic behaviour of the two investigated transects has been improved by increasing the green surfaces and replacing

| Materiali |  |  |  |
|---------------------------|---|---|---|
| Albedo (-) | 0,60 | 0,20 | 0,50 |
| Calore specifico (J/kg K) | 1700 | - | 700-900 |

| Ambiti spaziali |  |  |  |
|------------------------|--|--|--|
| Coeff. runoff (J/kg K) | 0,70  | 0,70  | 0,70  |

Fig. 28 - Caratteristiche termiche e idrauliche dei materiali aggiunti negli scenari *ex post* / Thermal and hydraulic characteristics of materials added in *ex post* scenarios (Source: Authors' elaboration).

zare positivamente la risposta termica degli spazi pubblici. Nella scelta dei materiali di progetto è stata mantenuta costante l'attenzione a quelle soluzioni capaci di apportare benefici anche sul comportamento idraulico, dunque presentano sia elevati valori di albedo che un appropriato grado di permeabilità. Attraverso azioni di depavimentazione e incremento delle aree verdi è stato possibile progettare una nuova configurazione degli spazi aggregativi e delle sezioni stradali. Il materiale impiegato nel *software* per le superfici vegetali è "grass 25 cm" che corrisponde a uno strato di terreno con manto erboso. Le soluzioni corrispondenti alle azioni di forestazione urbana (alberature e corridoi verdi) sono state inserite nel modello attraverso alberi di carattere generico di due grandezze (10 m o 15 m di altezza) in relazione della disponibilità di spazio per la chioma.

Per il transetto di riqualificazione, le simulazioni termiche operate sullo stato di progetto (Fig. 27) mostrano, in regime di temperature extra-ordinarie, una diffusa riduzione delle temperature e degli indici di benessere. Si osserva come i valori più bassi dei parametri vengono raggiunti in corrispondenza delle spine degli spazi pubblici, di cui si riconosce l'andamento all'interno dei quadranti. In particolare, nei quadranti 2, 3 e 4, ovvero quelli in cui si rilevano le condizioni peggiori, si collocano le zone con i valori differenziali più elevati: -4,50°C in corrispondenza delle strutture temporanee ombreggianti inserite in Piazza Togliatti (Q4), -2,50 e -3,50°C in corrispondenza dei percorsi pedonali e carrabili (Q2 e Q3) su cui si affaccia l'edificio del Comune di Scandicci. I quadranti 1 e 5 mostrano un diffuso miglioramento rispetto allo stato *ex ante*, seppur senza il raggiungimento dei valo-

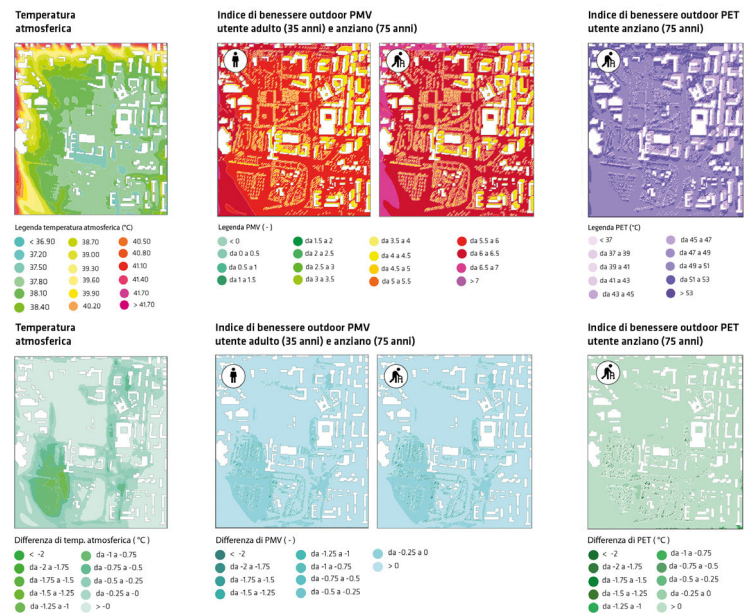


Fig. 29 - Estrapolazioni *ex post* e comparazioni degli output di temperature, PMV e PET operate sul transetto di trasformazione / Ex post extrapolation and comparison of the output of temperatures, PMV and PET indices on the development transect (Source: Authors' elaboration).

ri registrati nei quadranti centrali, data la minor ampiezza degli spazi riprogettati in rapporto all'area simulata e la maggiore densità edilizia.

Il transetto di trasformazione mostra valori termici e percettivi che diminuiscono in maniera meno intensa rispetto a quanto misurato nei quadranti di dettaglio del transetto di riqualificazione (Fig. 29); permane tuttavia la corrispondenza tra le aree con i maggiori benefici e le spine degli spazi pubblici. I benefici maggiori si concentrano nella zona del parcheggio scambiatore di Villa Costanza, lungo gli assi stradali e in corrispondenza del nuovo edificio compreso tra il Parco dell'Acciaiuolo e l'edificio Polimoda Design Lab. Anche in questo scenario i maggiori incrementi in termini di temperature e benessere percettivo si misurano in corrispondenza delle aree ombreggiate attraverso alberature e nelle zone depavimentate.

Le simulazioni mostrano, in entrambi i transetti, come l'utente anziano sia quello che registra gli indici peggiori in termini di PMV e PET e le maggiori differenze tra lo stato *ex ante* ed *ex post*. Tale categoria di utenza infatti risulta maggiormente sensibile - e dunque vulnerabile - al variare delle condizioni climatiche e in presenza di un fenomeno estremo quale l'isola di calore urbana.

5.6.2 Applicazione del metodo predittivo allo stato *ex post* e comparazioni

Il comportamento idraulico dei due transetti di indagine è stato migliorato tramite l'incremento delle superfici verdi e la sostituzione delle pavimentazioni impermeabili esistenti, ottenendo così una cospicua variazione dei valori del coefficiente

the existing impermeable pavements. This allowed to obtain a consistent variation of the values of the runoff coefficient. In particular, semi-permeable and draining elements were introduced in linear infrastructure and public spaces, that starting from a runoff value of 0.90 allowed to reach that of 0.70 (Fig. 28).

In the renovation transect (Fig. 30) the reduction of the total runoff value (26%), changes from 78% of the original state to 52% in the project configuration. In particular, impervious areas were reduced by 22% while semi-permeable public areas were increased by 5% and green areas by 19%.

In the development transect (Fig. 31) the actions adopted have a significant impact on the reduction of the overall runoff coefficient, which is reduced by 12%, from 62% of the current state to 50% of the project scenario.

The strategic program of intervention in the transformation transect has defined only interventions of change of the materials, without significant alterations in the morphological and planimetric configurations of the urban spaces. All the interventions on the building and on the open spaces correspond to the Operational Plan 2019-2024 of the Municipality of Scandicci. In accordance with these new planned configurations, the research aims to assess the impact of minimal transformations through which to



| Ambiti spaziali | infrastrutture lineari impermeabili | infrastrutture lineari drenanti | spazi pubblici impermeabili | spazi pubblici semi-permeab. | spazi privati impermeabili | spazi verdi pubblici | spazi verdi privati | coperture inclinate impermeabili | coperture piane impermeabili | coperture ombreggianti captanti | suolo nudo | Totale |
|------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------|-----------------------------|------------------------------|----------------------------|----------------------|---------------------|----------------------------------|------------------------------|---------------------------------|------------|------------------------|
| Superficie (m ²) | - | 63.049 | - | 45.253 | 1.344 | 57.232 | 1.727 | 387 | - | 4900 | - | 173.888 m ² |
| Percentuale (%) | - | 36 | - | 26 | 1 | 33 | 1 | 0,2 | - | 2,8 | - | 100 % |
| Coefficiente di runoff (-) | - | 25 | - | 18 | 1 | 5 | 0,1 | 0,2 | - | 2 | - | 52% |
| | -22 | | +5 | | | +19 | | | | | | -26 |

Fig. 30 - Classificazione degli ambiti spaziali per la valutazione del runoff nello scenario *ex post* del transetto di riqualificazione / Classification of spaces for hydraulic behavior evaluation of the runoff on the *ex post* scenario in the renovation transect (Source: Authors' elaboration).

increase the resilience of the new neighborhood.

The metadesign scenarios of intervention, developed for the renovation and development transects, have demonstrated their effectiveness in bringing benefits in the thermal and hydraulic behavior of urban public spaces subject to experimentation. The use of natural solutions (Nature-Based Solutions) is effective against both the heat islands and heavy rains. These are able to manage with a high degree of flexibility and adaptability not only adaptation but also mitigation to the effects of climate change.

5.7 ALTERNATIVE AND/OR INCREMENTAL CLIMATE ADAPTATION SCENARIOS AT THE DISTRICT SCALE: THE CASE STUDY OF PIAZZA TOGLIATTI

5.7.1 Description of Piazza Togliatti and its importance in the District

At the end of the transect experiments, the research group tested the developed methodology, as a further verification of its applicability, on a third area of investigation: the case study of Piazza Togliatti (Fig. 32).

The case study is an in-depth analysis of the transect as it operates on the architectural scale referring to the single urban

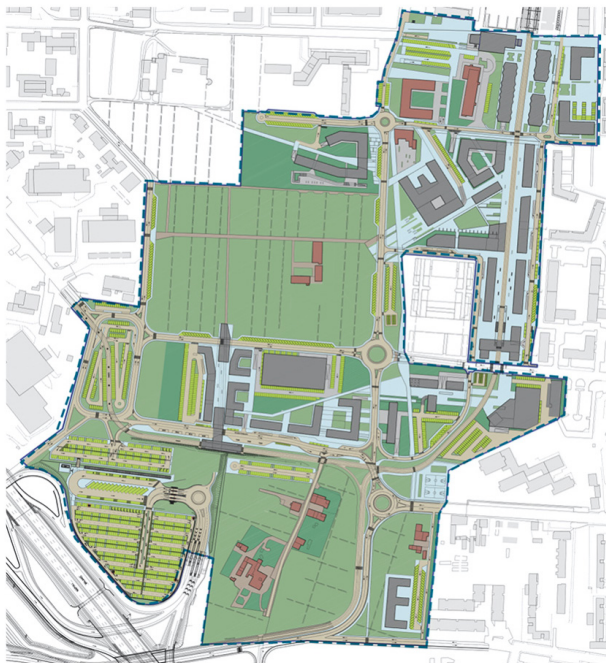
di runoff. In particolare, nelle infrastrutture lineari e negli spazi pubblici sono stati introdotti elementi semi-permeabili e drenanti, passando da un valore di runoff di 0,90 a 0,70 (Fig. 28).

Nel transetto di riqualificazione (Fig. 30) la riduzione del valore del runoff globale (26%), passa dal 78% dello stato originario al 52% nello stato di progetto. Si evidenzia come, le aree impermeabili sono state ridotte del 22% mentre le aree pubbliche semi-permeabili sono state incrementate del 5% e quelle verdi del 19%.

Nel transetto di trasformazione (Fig. 31) le azioni adottate incidono significativamente sulla riduzione del coefficiente di runoff globale che scende del 12%, passando dal 62% dello stato *ex ante* al 50% dello scenario *ex post*.

Il programma strategico di intervento nel transetto di trasformazione ha previsto esclusivamente interventi di sostituzione dei materiali, senza rilevanti alterazioni nelle configurazioni morfologiche e planimetriche degli spazi urbani, tutti gli interventi relativi all'edificio e agli spazi aperti sono stati mantenuti invariati rispetto alle previsioni del Piano Operativo 2019-2024 del Comune di Scandicci, rispetto al quale si intende valutare l'impatto di minimali trasformazioni volte a incrementare la resilienza del nuovo comparto.

Gli scenari metaprogettuali di intervento, sviluppati per i transetti di riqualificazione e di trasformazione, hanno dimostrato la loro efficacia nell'apportare benefici nel comportamento termico e idraulico degli spazi pubblici urbani oggetto di sperimentazione. L'adozione di soluzioni naturali (Nature-Based Solutions) si rivela efficace per il contrasto sia alle isole di calore che alle piogge torrenziali,



| Ambiti spaziali | Superficie (m ²) | Percentuale (%) | Coefficiente di runoff (-) |
|--------------------------------|------------------------------|-----------------|----------------------------|
| infr. lineari impermeabili | - | - | - |
| Infr. lineari drenanti | 95.965 | 26 | 18 |
| spazi pubblici impermeabili | - | - | - |
| spazi pubblici semi-permeabili | 66.076 | 18 | 12 |
| spazi privati impermeabili | 11.919 | 3 | 3 |
| spazi verdi pubblici | 124.232 | 33 | 5 |
| spazi verdi privati | 26.543 | 7 | 1 |
| coperture inclinate | 5.773 | 1 | 1 |
| coperture piante | 37.620 | 10 | 9 |
| coperture ombreg. captanti | - | - | - |
| suolo nudo | 7.167 | 2 | 1 |
| Totale | 375.295 m² | 100 % | 50 % ↓ -12 |

Fig. 31 - Classificazione delle superfici al suolo per la valutazione del runoff nello scenario *ex post* sul transetto di trasformazione / Classification of ground surface for hydraulic behavior evaluation of the runoff on the *ex post* scenario in the development transect (Source: Authors' elaboration).

potendosi anche gestire con un elevato grado di flessibilità e adattabilità, non solamente in termini di adattamento ma anche in termini di mitigazione degli effetti del cambiamento climatico.

5.7 SCENARI ALTERNATIVI E/O INCREMENTALI DI ADATTAMENTO CLIMATICO ALLA SCALA DI QUARTIERE: L'AREA CAMPIONE DI PIAZZA TOGLIATTI

5.7.1 Descrizione di piazza Togliatti e della sua centralità nel Distretto

Al termine delle sperimentazioni sui transetti, il gruppo di ricerca ha testato la metodologia messa a punto, come ulteriore verifica della sua applicabilità, su un terzo ambito di indagine: l'area campione di piazza Togliatti (Fig. 32).

L'area campione costituisce un approfondimento rispetto al transetto in quanto opera alla scala architettonica riferendosi al singolo spazio urbano, in particolare una piazza, e alla cortina di edifici immediatamente circostanti.

Questo terzo oggetto di studio ha visto la prefigurazione di due diversi scenari metaprogettuali, connotati da un diverso grado di rigenerazione - *minimum* e *maximum redevelopment* - che possono essere valutati in una lettura temporalmente consequenziale come fortemente correlati da un rapporto di incrementalità, oppure comparati come due alternative tra cui poter scegliere in base a una pluralità di fattori quali benefici ottenibili, economicità degli interventi, entità delle trasformazioni, etc.

L'area oggetto di approfondimento appartiene alla spina degli spazi pubblici trattata nel transetto di riqualificazione, nello specifico si colloca all'interno del quadrante 4. Oltre che per la diversa scala di intervento si distingue dalla precedente trattazione, operata nel transetto, per la configurazione considerata come stato attuale *ex ante*. In questo terzo *step*, infatti, la piazza è stata analizzata non nel suo stato attuale, ma applicando le previsioni pianificatorie riportate nel Piano Operativo 2019-2024. Piazza Togliatti costituisce infatti l'area di riqualificazione RQ02e, per la quale si prevede una generale riqualificazione degli spazi pubblici e la realizzazione di un edificio *ex-novo* a destinazione direzionale e commerciale sul lato nord-est con una SE di 2.000 mq.

Piazza Togliatti rappresenta all'interno del Distretto uno degli spazi di aggregazione sociale maggiormente vissuti, costituisce una polarità strategica sull'asse pedonale urbano che partendo dal piazzale della Resistenza, in cui hanno sede il municipio e la fermata della tramvia, giunge fino a piazza Matteotti, antico centro storico della città di Scandicci, e si colloca sull'asse principale degli spazi pubblici, che ha dato origine al transetto della riqualificazione.

La piazza è suddivisa in due aree funzionalmente distinte: quella a nord viene utilizzata come area giochi, seppur risulti sprovvista di idonea pavimentazione e di attrezzature, mentre quella a sud ospita un parcheggio in cui si svolge un mercato giornaliero e settimanale. La funzione mercatale costituisce l'uso caratterizzante la piazza e rappresenta per la comunità locale un importante momento di condivisione. La viabilità carrabile e gli spazi a parcheggio sono, tuttavia, quelli che connotano attualmente la piazza, cingendola su tutti e quattro i lati e inserendosi anche al suo interno secondo percorsi che ne frammentano gli spazi oltre a ridurne la sicurezza e la fruibilità. Un ulteriore elemento di criticità è dovuto alle aree verdi e alle alberature.

space, in particular a square and the surrounding buildings.

This third object of study has seen the configuration of two different metadesign scenarios, characterized by a different level of regeneration: the one on the minimum level of redevelopment and the other on the maximum. These two scenarios can be evaluated in a temporally consequential reading because strongly related by an incremental ratio, or they can also be compared as two different alternatives from which to choose. The choice can be made on several factors: achievable benefits, cost of interventions, impact of transformations on urban areas, etc.

The area under study belongs to the spine of public spaces treated in the transect of renovation, exactly fits within the sector 4. The case study differs from the previous experimentation on the transect for the different scale of intervention and also for the configuration of the current state. In this third step, the square has been analyzed not in its current state, but according to the Urban Planning of the Operational Plan 2019-2024. Piazza Togliatti falls within the renovation area called RQ02e, for which it is expected: a general redevelopment of public spaces and the construction of a new offices and commercial building on the North-East side with an building area of 2,000 m².

Piazza Togliatti is one of the most popular social spaces of the District. This square is a strategic point on the urban pedestrian axis that starts from the Piazzale della Resistenza - where the Town Hall and the tram stop are located - reaches up to Piazza Matteotti - old town centre of the City of Scandicci - and is located on the main axis of public spaces, from which the transect of the renovation was born.

The square is divided into two areas with different functions: that on the North side is used as a playground, even if not equipped with appropriate pavement and stuff, meanwhile the South side area has a parking lots where takes place a daily and weekly market. The function of the market represents the most characteristic use of the square that represents also an important place of community for all citizens. The road network and the car parking spaces are, however, those that currently characterize the square. The roads and the car parking are closing the square on all four sides and are also appropriating of the internal areas: fragmenting spaces and reducing safety and accessibility. A further criticism point concerns the green areas and the trees.

5.7.2 Development of the two incremental and alternative intervention scenarios

The two scenarios on the square (Fig. 33) starts from the configuration of the urban planning and act on the public space through two different projects. The projects differ for the technological solutions applied and for the submitted of renovation. The square is redesigned from a working framework of 300x200

m that allows to consider also the surrounding context in both the scenarios and simulations.

The first scenario involves only the central part of the square with a total surface of 22,895 m². This configuration does not include in the redevelopment project the roads on the surrounding. In the central area it is planned to replace completely the existing floors with semi-permeable materials characterized by a high level of albedo. It is possible to find in the project: road section (semi-permeable light asphalt with runoff 0.7 and albedo 0.6), parking areas (drainage surfaces with runoff 0.7 and albedo 0.5) and pedestrian areas (light gray stone semi-permeable with runoff 0.7 and albedo 0.8). The depaving action, carried out thanks to the new configurations of road sections and parking areas, allows to add new green areas with trees in the playground and on the perimeter of the new building and, moreover, to densify the existing trees in the pedestrian paths, for a total of 56 new trees. Compared to the current state, green areas pass from 3,552 m² to 6,710 m², an increase of 11% compared to the total area of the project. The parking area in which the market is located is changed in its planimetric distribution through a dimensional check of car lanes and their movement spaces. The existing number of parking spaces is maintained and space for pedestrian routes and green areas is increased.

In the second scenario the project area is extended and includes the streets that separate the square from the surrounding buildings and other residual spaces, increasing the area of the project to 30,515 m². The road sections are redesigned. The roadways or parking spaces for cars that are in excess compared with the minimum standards are returned to the sidewalks to create pedestrian paths and new green corridors. The play area is made completely permeable, new 104 trees are inserted and are made small islands for recreational activities. A further urban forestation project is located in a small area located South-West of the market. The surface that today is completely asphalt and unused, is renaturalized and added trees. The joint actions of depaving and redesign of spaces involve a significant increase in green areas, up to 8,151 m² (26.7% of the area). In the impervious areas are inserted the same new materials of scenario 1: light colour asphalt in the streets, draining flooring in the car parking and light gray stone in the paths and pedestrian areas.

In the market area are installed temporary shading structures that define a covered area destined to accommodate cultural and social activities. This solution is particularly effective as it combines both thermal and hydraulic advantages.

The temporary structures define shaded areas with a high standard of thermal well-being and, at the same time, are able to collect rainwater by reducing water intended to the existing sewer system and preventing hydraulic overload in case of

5.7.2 Definizione dei due scenari incrementali e alternativi di intervento

I due scenari (Fig. 33) muovono quindi dalla configurazione previsionale della piazza e agiscono sullo spazio pubblico attraverso due assetti, differenti per le soluzioni tecnologiche applicate e per l'area oggetto di rigenerazione.

La piazza viene riprogettata a partire da un inquadramento di 300x200 m, che permette di considerare negli scenari e nelle simulazioni anche il contesto limitrofo.

Il primo scenario coinvolge esclusivamente la parte centrale della piazza, non includendo nella rigenerazione gli assi carrabili circostanti, per una superficie di intervento di 22.895 mq. Nell'area centrale viene simulata la completa sostituzione delle pavimentazioni esistenti con materiali semipermeabili caratterizzati da un elevato livello di albedo differenziati tra: sezione stradale (asfalto chiaro semi-permeabile con runoff 0,7 e albedo 0,6), aree a parcheggio (superfici drenanti con runoff 0,7 e albedo 0,5) e zone pedonali (pietra grigia chiara semi-permeabile con runoff 0,7 e albedo 0,8). La contemporanea azione di depavimentazione, operata grazie alla razionalizzazione delle sezioni carrabili e delle aree a parcheggio, permette di aggiungere nuove aree verdi alberate nell'area giochi e sul perimetro del nuovo edificio e di densificare le alberature esistenti nei percorsi pedonali, per un totale di 56 alberi aggiunti. Rispetto allo stato attuale le aree verdi passano da 3.552 mq a 6.710 mq, con un incremento dell'11% rispetto alla superficie totale riprogettata. L'area a parcheggio in cui è ospitato il mercato viene ridisegnata nella sua distribuzione planimetrica attraverso una verifica dimensionale delle corsie e degli spazi di manovra, mantenendo lo stesso numero di posti auto e ottenendo più spazio per i percorsi pedonali e le aree verdi.

Nello scenario successivo l'area di progetto si amplia includendo le strade che separano la piazza dai fronti urbani e dai vuoti residuali circostanti, incrementando,



Fig. 32 - Inquadramento di piazza Togliatti nell'asse degli spazi pubblici / Location of Piazza Togliatti in the axis of public spaces (Source: Authors' elaboration).

a parità di inquadramento, la superficie riprogettata fino a 30.515 mq. Le sezioni stradali vengono ridisegnate e nei tratti in cui gli spazi dedicati al transito delle auto o ai parcheggi risultano in eccesso rispetto ai minimi da normativa, lo spazio in eccesso viene redistribuito per ampliare i marciapiedi e inserire nuovi corridoi verdi. L'area giochi viene resa completamente permeabile e vengono inserite nuove alberature per un totale di 104 alberi, includendo piccole isole per le attività ricreative. Un ulteriore intervento di forestazione urbana viene promosso in una piccola area collocata a sud-ovest del mercato, a oggi completamente asfaltata e inutilizzata, che viene rinaturalizzata e alberata. Le azioni congiunte di depavimentazione e ridisegno degli spazi comportano un notevole incremento delle aree verdi, fino a raggiungere gli 8.151 mq (26,7% dell'area). Nelle aree impermeabili vengono inseriti gli stessi nuovi materiali dello scenario 1: asfalto chiaro nelle strade, pavimentazione drenante nei parcheggi e pietra grigia chiara nei percorsi e nelle aree pedonali.

Nell'area a mercato vengono installati dei dispositivi ombreggianti con carattere di temporaneità, che definiscono una zona coperta pensata per ospitare attività culturali e sociali. Questa soluzione risulta particolarmente efficace in quanto combina duplici vantaggi termici e idraulici. I dispositivi temporanei definiscono zone ombreggiate dagli elevati standard di benessere termico, capaci al contempo di raccogliere l'acqua piovana sottraendola alla quota che viene gestita dal sistema fognario e prevenendone così il sovraccarico in caso di eventi estremi. L'acqua captata può essere raccolta in cisterne e riutilizzata per l'irrigazione del verde pubblico.

La scelta di inserire nella piazza strutture temporanee persegue il principio di flessibilità spaziale, definendo un sistema integrabile nel tempo e adattabile a molteplici usi, oltre che costituire un elemento architettonico che può diventare iconico dello spazio pubblico in cui si colloca.

extreme events. The water collected can be collected in tanks and reused for irrigation of public green. The choice to include temporary structures in the square follows the principle of spatial flexibility, defining a system that can be integrated over time and adaptable to multiple uses, also constitutes an iconic architectural element of the public space in which it is located.

5.7.3 Thermal and hydraulic analyses on current and project configuration and their impact assessments

The case study, like the transects, was simulated and analyzed through the software ENVI-met and the predictive method within a grid of 300x200 m with cells of 2x2. From the results it was possible to evaluate the success of the downscaling process and understand interdependencies, limits and criticism that exist between simulations at different levels of detail.

The results of the thermal simulations (Fig. 34) at present show the concentration of the lowest values of the parameters in correspondence of the green areas with trees, while the highest values are recorded in the paved areas near the car parking and along the roads. The values measured in the case study, with smaller grid sizes, are similar to those obtained from the results of the Q4 sector. This data confirms the accuracy of the instrument even in the most detailed simulations.

The application of the predictive method (Fig. 35) shows that the square is characterized by a high percentage of imper-

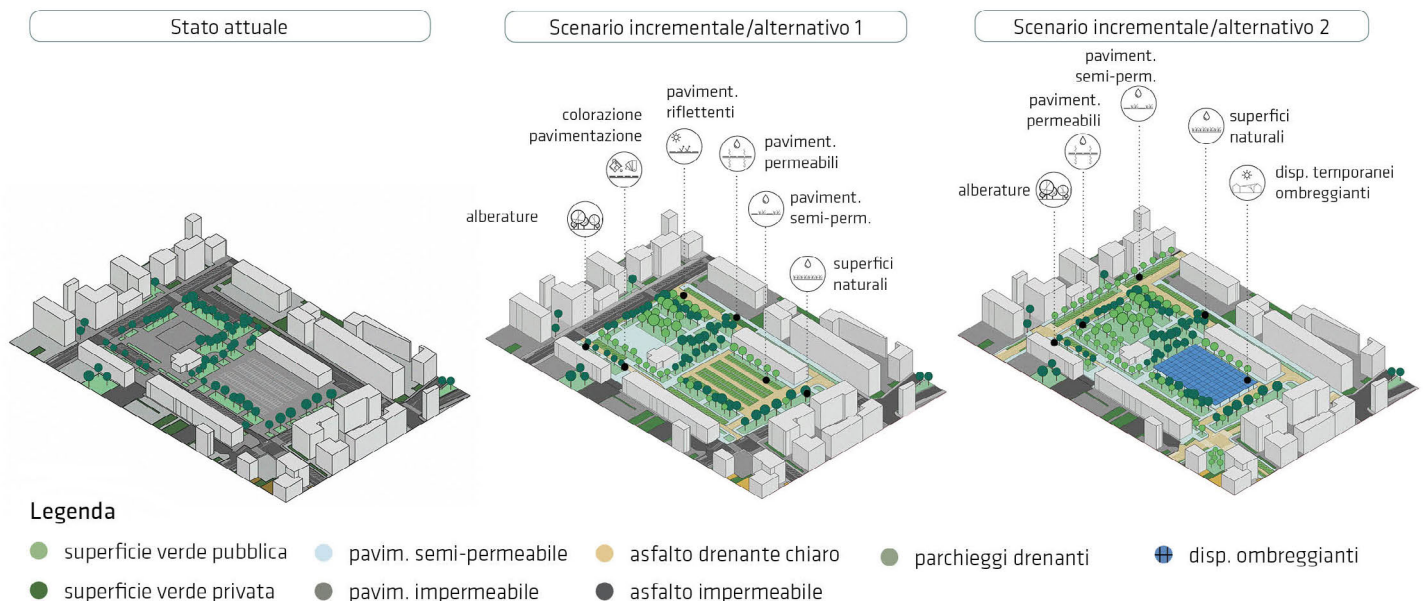


Fig. 33 - Area campione di piazza Togliatti nella sua configurazione attuale e nei due scenari metaprogettuali / Case study of Piazza Togliatti: the existing situation and the two designed scenarios (Source: Authors' elaboration).

vious surface (69%), and a low presence of green areas (12%), obtaining a runoff coefficient of 81%. This runoff value is the worst measured in the three different tested projects - the two transects and the case study. The predictive method was evaluated in the same way as for the transects, only on the redesigned portion of the sector, corresponding to the 50% (30,355 m²) of the total area (60,000 m²).

The simulations of the project configuration of the two meta-design scenarios (Fig. 34) demonstrate the effectiveness of the used adaptation solutions, showing increasing benefits going from the first to the second. In the first scenario there are widespread values both in the playground and in the car parking, due to the increase in the albedo of the pavements. The best values are measured by the intensification of the trees. The second scenario is better for thermal performance and feeling of well-

5.7.3 Analisi termiche e idrauliche ex ante ed ex post e valutazioni degli impatti

L'area campione, analogamente ai transetti, è stata simulata e analizzata attraverso il software ENVI-met e il metodo predittivo all'interno di una griglia di 300x200 m con celle di 2x2 m. Dai risultati è stato possibile apprezzare la riuscita del processo di *downscaling* e comprendere oltre che le interdipendenze, anche i limiti e le criticità che sussistono tra simulazioni a differenti livelli di dettaglio.

I risultati delle simulazioni termiche (Fig. 34) allo stato *ex ante* evidenziano la concentrazione dei valori più bassi dei parametri in corrispondenza delle aree verdi alberate, mentre i picchi si registrano nelle zone asfaltate in prossimità del parcheggio e lungo i tracciati stradali. I valori registrati nell'area campione, con dimensioni minori della griglia, sono analoghi a quelli ottenuti dai risultati del quadrante Q4, confermando l'affidabilità dello strumento anche nelle simulazioni di maggior dettaglio.

L'applicazione del metodo predittivo (Fig. 35) evidenzia come la piazza sia caratterizzata da una elevata percentuale di superficie impermeabile (69%), e una scarsa presenza di aree verdi (12%), ottenendo un coefficiente di *runoff* dell'81%,

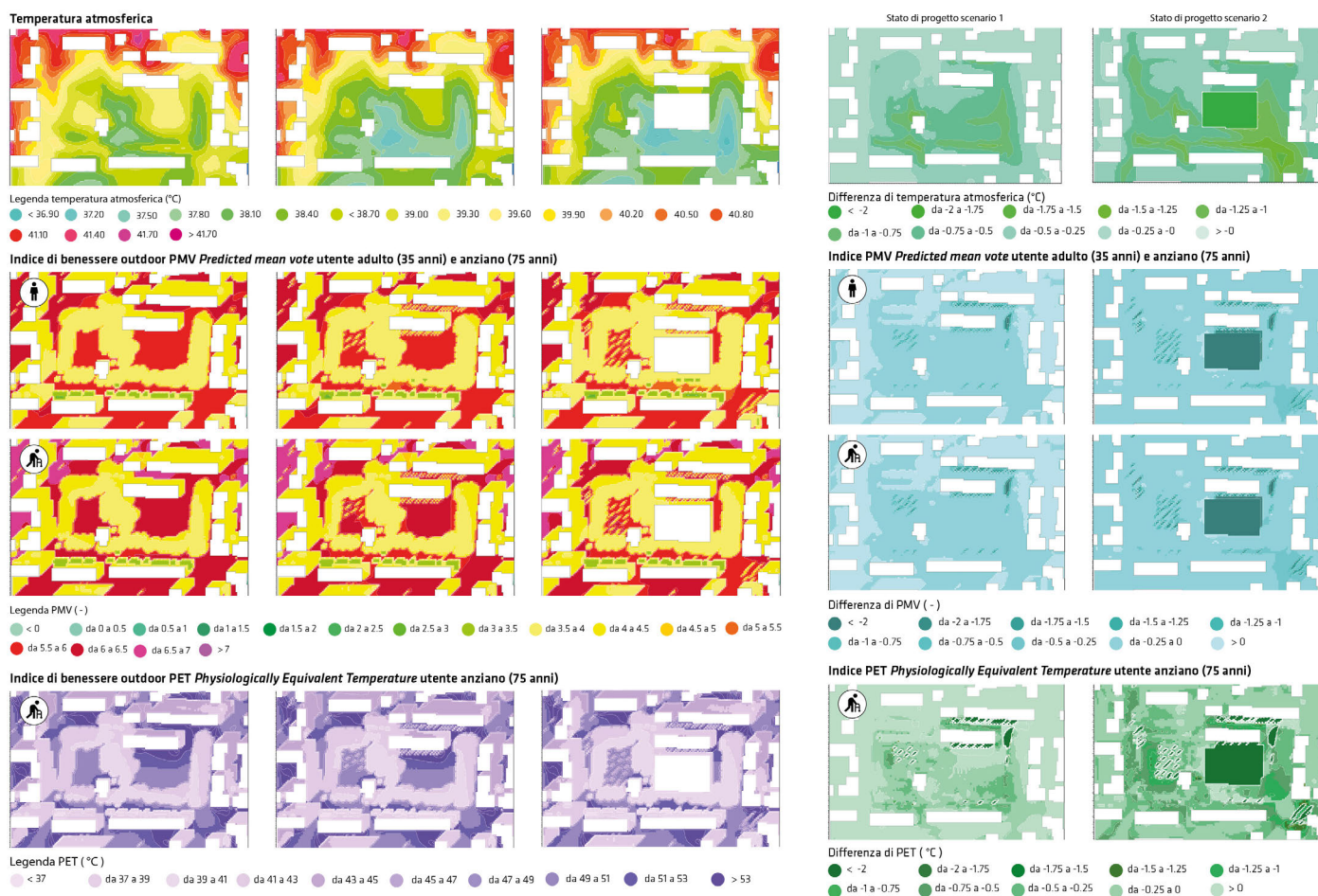


Fig. 34 - Output termici e comparazione sull'area campione di piazza Togliatti / Thermal output and comparison on the case study of Piazza Togliatti (Source: Authors' elaboration).

registrando il valore peggiore nei tre diversi ambiti progettuali sperimentati - i due transetti e l'area campione. Come per i transetti, il metodo predittivo è stato applicato esclusivamente sulla quota riprogettata del quadrante, pari al 50% (30.355 mq) dell'area complessiva (60.000 mq).

Le simulazioni *ex post* dei due scenari metaprogettuali (Fig. 34) dimostrano l'efficacia delle soluzioni di adattamento adottate, mostrando benefici crescenti passando dal primo al secondo. Nel primo scenario si registrano valori diffusi sia nell'area giochi che nel parcheggio, dovuti all'incremento dell'albedo delle pavimentazioni. I valori migliori si registrano in corrispondenza dell'intensificarsi delle alberature. Il secondo scenario è quello nel quale si ottiene la prestazione termica e la sensazione di benessere migliore. Questo scarto è giustificato dalla maggiore e più estesa area di applicazione degli interventi nonché dall'incremento delle *Nature-Based Solutions* (NBS) e di altre soluzioni. Rispetto al primo scenario si registrano diminuzioni dei parametri anche lungo gli assi stradali, in corrispondenza dei dispositivi ombreggianti e nell'area residuale a sud-ovest, che passa

being. This value is justified by the greater and wider area of the interventions as well as the intensification of *Nature-Based Solutions* (NBS) and other solutions. In the second scenario, decreases in parameters are also measured along the roads, in correspondence with the temporary structures and in the residual area to the South-West, which passes from being totally asphalted to renovation with cool pavements and new trees.

The hydraulic evaluations on the incremental scenarios (Fig. 35) allow to measure the benefits of the solutions applied on Piazza Togliatti. In the first scenario the global runoff index went from 81% to 64%, improving even more in the second scenario and reaching 56%. The major contribution to these significant decreases comes from the depaved surfaces and the replacement of existing floors with materials with a high degree of permeability. In the first scenario it is important to remark that

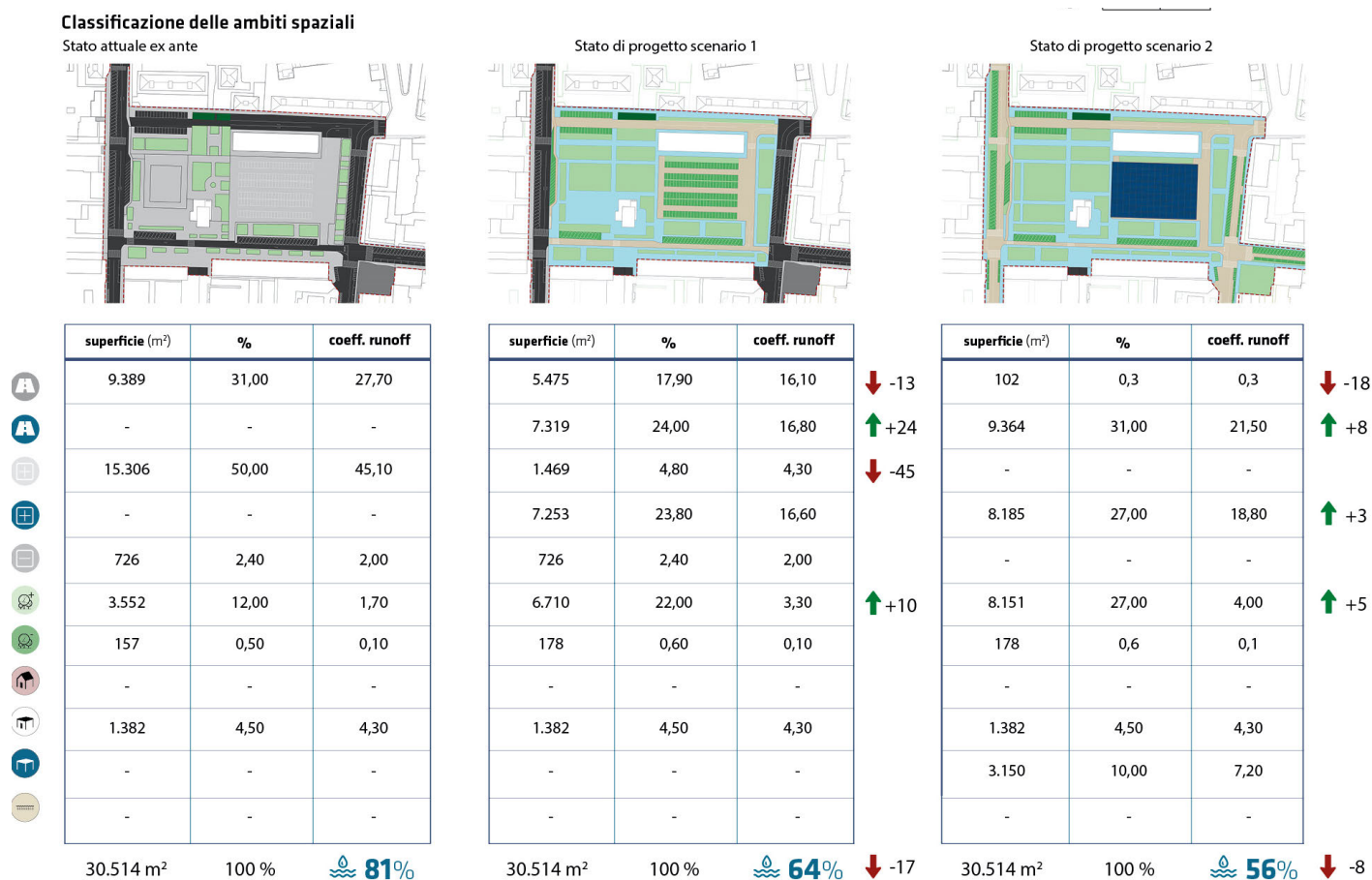


Fig. 35 - Applicazione del metodo predittivo sull'area campione di Piazza Togliatti: stato attuale e scenari metaprogettuali / Application of the predictive method on the case study of Piazza Togliatti: the existing situation and the two designed scenarios (Source: Authors' elaboration).

public impervious areas were reduced by 45% and public green areas increased by 10%. In the second scenario, green areas show a further increase of 5%. As for the thermal results, also this study case confirms the contribution of temporary structures, which cover 10% of the entire surface of intervention (3,150 m²).

The meta-strategies projects and connected technological solutions applied to the urban scale of the transects, and in depth in the case study, show that a real adaptation to extreme climatic events is possible through minimal designs of the urban environment that focus mainly on natural elements for the adaptive processes. The public space project for urban regeneration and transformation for climate adaptation draws attention to the need for citizens' health and well-being to become the priority objectives for sustainable and resilient architecture. The working methodology developed confirms that, in order to face the latest climate challenges, interoperability between the different scales of the project and an integration of multidisciplinary skills is increasingly required to achieve greater resilience of cities.

da essere totalmente asfaltata a ripavimentata e alberata.

Le valutazioni idrauliche sugli scenari incrementali (Fig. 35) consentono di misurare i benefici delle soluzioni applicate su piazza Togliatti. Nel primo scenario l'indice globale di *runoff* passa dall'81% al 64%, migliorando ulteriormente nel secondo scenario raggiungendo il 56%. Il contributo maggiore a queste notevoli diminuzioni proviene dalle superfici depavimentate e dalla sostituzione delle pavimentazioni esistenti con materiali dotati di un certo grado di permeabilità. Nel primo scenario si sottolinea che le aree impermeabili pubbliche sono state ridotte del 45% e le aree a verde pubblico incrementate del 10%. Nel secondo scenario le aree verdi registrano un ulteriore aumento del 5%. come per gli esiti termici, anche in questo caso si conferma determinante l'apporto delle strutture temporanee, che coprono il 10% dell'intera superficie di intervento (3.150 mq).

Le strategie metaprogettuali e le relative soluzioni tecnologiche applicate alla scala urbana dei transetti, e approfondite nell'area campione, dimostrano che un reale adattamento agli eventi climatici estremi è possibile attraverso interventi minimali dell'ambiente urbano che affidano prevalentemente agli elementi naturali i processi adattivi. Il progetto dello spazio pubblico per la riqualificazione e trasformazione urbana ai fini dell'adattamento climatico, riporta l'attenzione sulla necessità che la salute e il benessere dei cittadini diventino gli obiettivi prioritari per un'architettura sostenibile e resiliente. La metodologia di lavoro sviluppata conferma che, per affrontare le più recenti sfide climatiche, sia sempre più richiesta una interoperabilità tra le diverse scale del progetto e una integrazione di competenze multidisciplinari per raggiungere una maggiore resilienza delle città.

Acknowledgements

Have contributed on the analysis for the development of the experimental project: Dr. Giulia Guerri for the aspects concerned the territorial scale and cartographic elaborations; Dr. Alfonso Crisci (Institute of Biometeorology of the CNR in Florence) and Dr. Marianna Nardino (Institute of Biometeorology of the CNR in Bologna) for the collection and analysis of climate data and the elaboration, outputs and comparison of the results of thermal simulations; Dr. Daniele Vergari (Consorzio Bonifica 3 Medio Valdarno) for the in-depth analysis on the rainwater and drainage system; Eng. Lorenzo Sulli and Eng. Giovanni Montini (Autorità di Bacino Distrettuale Appennino Settentrionale) for the flash flood hazard; Geom. Paolo Bellocchi (Environmental and Green Referent of the Municipality of Scandicci) and Eng. Paolo Giambini (Environmental and Green Manager of the Municipality of Scandicci) for the identification of priority testing areas in accordance with the urban planning forecasts of the local authorities.

References

- Alberti, F. (2018), *Scenari di trasformazione della Piana Firenze-Prato. Analisi e valutazioni sulla coerenza tra piani territoriali e progetti di infrastrutture*, Irpet, Firenze.
- Altobelli, A., Napolitano, R., Bressan, E., Mignozzi, K., Hubina, T. & Feoli, E. (2007), *Prodotti Modis per lo studio della vegetazione: teoria, applicazione pratica e problemi di scala*, Dipartimento di Biologia, Università degli Studi di Trieste.
- Ambrosini, D., Galli, G., Mancini, B., Nardi, I. & Sfarra, S. (2014), “Evaluating Mitigation Effects of Urban Heat Islands in a Historical Small Center with the ENVI-Met® Climate Model”, *Sustainability*, vol. 6, n. 10, pp. 7013-7029.
- Comune di Scandicci (2008), *La Città*, available at: <https://www.comune.scandicci.fi.it/index.php/la-citta.html> (accessed 18 July 2020).
- Comune di Scandicci (2019a), *Quadro previsionale strategico quinquennale 2019-2024. Piano Operativo*, available at: https://www.comune.scandicci.fi.it/images/stories/urbanistica/Piano_Operativo/APPROVAZIONE/Approvazione_P_O_pdf/PO_Quadro_Previsionale.pdf (accessed 20 July 2020).
- Comune di Scandicci (2019b) *Norme per l’attuazione in Piano Operativo*, available at: https://www.comune.scandicci.fi.it/images/stories/urbanistica/Piano_Operativo/APPROVAZIONE/Approvazione_P_O_pdf/PO_NTA.pdf (accessed 3 March 2020).
- Crisci, A., Morabito, M. & Nardino, M. (2018) *UNIFI IBIMET PRIN 2015 Climatic Database (Version 1.0) [Data set]* Zenodo, available at: <http://doi.org/10.5281/zenodo.1292130> (accessed 19 January 2019).
- D’Ambrosio, V. & Leone, M.F. (2016), *Progettazione ambientale per l’adattamento al Climate Change. Modelli innovativi per la produzione di conoscenza / Environmental Design for Climate Change adaptation. Innovative models for the production of knowledge*, Clean, Napoli.
- Dematteis, G. (1997), “Il tessuto delle cento città”, in Coppola, P. (ed), *Geografia politica delle regioni italiane*, Einaudi, Torino.
- Dessi, V. (2018), *Progettare il comfort degli spazi pubblici*, REBUS Renovation of Public Building and Urban Spaces 3rd edition, Centro stampa Regione Emilia-Romagna, Bologna.
- Dessi, V., Farnè, E., Ravello, L. & Salomoni, M.T (2017), *Rigenerare la città con la natura. Strumenti per la progettazione degli spazi pubblici tra mitigazione e adattamento ai cambiamenti climatici*, Maggioli, Santarcangelo di Romagna.
- Di Nardo, V. (2009), “Nuovo centro civico e stazione tramviaria veloce a Scandicci”, in Rogers Stirk Harbour + Partners > Città, *AND Architettura*, n. 14, pp. 31-40, available at: <https://issuu.com/andarchitettura/docs/14> (accessed 23 September 2020).
- Duany, A., & Talen, E. (2002), “Transect planning”, *Journal of the American Planning Association*, vol. 68 (3), pp. 245-266.
- EEA European Environment Agency (2017), *Climate change adaptation and disaster risk reduction in Europe EEA*, report n. 15, Publications Office of the European Union, Luxembourg.
- IPCC Intergovernmental Panel on Climate Change (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, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]*. IPCC, Geneva.
- ISTAT (2017), “Popolazione residente al 31 agosto 2019”, available at: <http://demo.istat.it/bilmens2018gen/index.html> (accessed 14 July 2020).
- McHarg, I. (1968), *Design with nature*, Garden City NY, American Museum of Natural History by the Natural History Press, New York.
- Moccia, F.D. & Sgobbo, A. (2016), “Resilienza urbana e pluvial flooding: lo studio predittivo del comportamento idraulico urbano / Urban Resilience and pluvial flooding: the predictive study of the urban hydraulic behavior”, in D’Ambrosio, V. & Leone, M.F. (eds), *Progettazione ambientale per l’adattamento al Climate Change. Modelli innovativi per la produzione di conoscenza / Environmental Design for Climate Change adaptation. Innovative models for the production of knowledge*, Clean, Napoli, pp. 136-145.
- Morabito, M., Crisci, A., Guerri, G., Messeri, A., Congedo, L. & Munafò, M. (2020), “Surface urban heat islands in Italian metropolitan cities: Tree cover and impervious surface influences”, *Science of The Total Environment*, vol. 751.
- Poli, D. (2019), *Le comunità progettuali della bioregione urbana. Un parco agricolo multifunzionale in riva sinistra d’Arno*, Quodlibet, Macerata.
- Rogers Stirk Harbour + Partners (2013), “Scandicci Masterplan”, available at: <https://www.rshp.com/projects/scandicci-masterplan/> (accessed 10 July 2020).
- Rogers, R., & Gumuchdjan, P. (1997), *Cities for a small planet*, Faber and Faber Ltd., London.
- Sociolab - Partecipazione Sociale (2013), *La città in piazza. Percorso di partecipazione per la riqualificazione di Piazza Togliatti*, available at: <http://www.sociolab.it/wp-content/uploads/2020/03/Sociolab-Portfolio-Progetti.pdf> (accessed 21 July 2020).
- Tucci, F. & Cecafofosso, V. (2020), “Retrofitting public space for the environmental and ecosystem quality of “greener” cities”, *Techne. Journal of Technology for Architecture and Environment*, vol. 19, pp. 256-270.
- Vardoulakis S., Fisher, B.E.A., Pericleous, K. & Gonzalez-Flesca, N. (2003), “Modelling air quality in street canyons: a review”, *Atmospheric Environment*, n. 2, vol. 37, pp. 155-182.



Fig. 1 - Test all'uragano di una facciata curva aggettante. Standard AAMA 501.1-5 / Hurricane test of a projecting curved facade. Standard AAMA 501.1-5. (Source: Authors' elaboration).

6. Controllo prestazionale del rapporto edificio/contesto. Esperienze di testing avanzato

Performance Control of Building/Context Relation. Test Experiences

Maria Teresa Lucarelli, Martino Milardi, Mariateresa Mandaglio, Caterina Claudia Musarella
Università degli Studi Mediterranea di Reggio Calabria

6.1 INTRODUZIONE*

In linea con gli assunti del progetto a suo tempo presentato e perseguendo gli obiettivi di ricerca condivise con il Coordinamento della ricerca, l'attività della *Research Unit* (RU) di Reggio Calabria¹ si è incentrata sul controllo delle prestazioni connesse alle interazioni tra edificio e contesto che influenzano significativamente la vulnerabilità ai cambiamenti climatici dello spazio urbano e la conseguente risposta resiliente. Un approccio quindi di tipo interscalare finalizzato alla sperimentazione e alla prototipazione di modelli congruenti con gli obiettivi posti.

Un primo passaggio, in campo, è stata la scelta di tre "Distretti", oggetto di studio, individuati nell'area più densamente urbanizzata di Reggio Calabria con caratteristiche morfo-tipologiche e ambientali tali da configurare situazioni diverse, soprattutto con alcune differenze significative nel carattere climatico e microclimatico del contesto. Su questi si è proceduto ad avviare simulazioni di condizioni di cambiamenti estremi, dovuti in larga misura alle isole e alle ondate di calore, ai fenomeni pluviometrici di grande intensità, come le "bombe d'acqua", ai "micro-tifoni", quest'ultimi sempre più frequenti nelle zone litoranee della città.

Dalla simulazione sui tre comparti, si è passati a ricreare in laboratorio le condizioni di contesto, rilevate precedentemente dal software, riferendosi a condizioni fisiche del costruito che potessero meglio amplificare gli effetti dei fenomeni climatici in ambiente urbano. Utilizzando quindi matrici di assetti correnti, scelti e organizzati in un ampio ventaglio tipologico-planimetrico e individuando una serie di indicatori (Malcevschi, 1987) che, in generale, definiscono il grado di *climate-responsive* dell'ambiente costruito, è stato possibile avviare la sperimentazione attraverso appositi test effettuati su diverse tipologie di facciate, verificandone il comportamento in situazioni climatiche estreme. Per la suddetta sperimentazione si è fatto riferimento alle strutture laboratoriali del BFL (Building Future

* Testo di Maria Teresa Lucarelli e Martino Milardi.

1 La *Research Unit* di Reggio Calabria è formata da: Prof.ssa M.T. Lucarelli Coordinatore PRIN della RU di Reggio Calabria e Responsabile della RU APSIA, Prof. M. Milardi Coordinatore Operativo RU e Responsabile scientifico del Laboratorio TCLab, Prof. C. Trombetta, Componente RU e Responsabile scientifico del BFL, PhD M. Mandaglio, PhD C.C. Musarella, PhD Student S. Sansotta e PhD Student E. Grillo. Hanno collaborato gli Archh. Paolo Vasques e Maria Sapone dalla cui Tesi di Laurea "Sperimentazioni Tecniche per la Gestione del Cambiamento Climatico in Ambiente Urbano. Un caso studio applicato: Reggio Calabria" sono state tratte ed elaborate alcune immagini relative alle simulazioni sui Distretti.

6.1 INTRODUCTION*

The Research Unit (RU) of Reggio Calabria University¹, in line with the assumptions of the project presented at the time and pursuing the research goals shared with the Research Coordination, focused mainly on the control of the performance-oriented interactions between building and context, which exert a significant influence on the vulnerability to urban climate change and the consequent resilient response.

To experiment and prototype the models which were consistent with predetermined goals, an inter-scalar approach was adopted. In the first step, three "Districts" as the case study, were selected from the most densely urbanized area of Reggio Calabria with morphological and environmental characteristics to configure different situations, especially with some significant differences in the context of climatic and microclimatic characteristics. In the selected Districts taking the climatic and microclimatic characteristics into account, simulations of extreme change conditions to rainfall phenomena of great intensity, such as "water bombs" and "micro-hurricane" - increasingly frequent in the coastal areas of the city - have been started, largely due to the islands and heatwaves. The context under the laboratory conditions, previously detected by the software, was recreated referring to physical constituents of the built areas,

* Text by Maria Teresa Lucarelli and Martino Milardi.

1 The *Research Unit* of Reggio Calabria is formed by: Prof. M.T. Lucarelli, PRIN Coordinator of the *Research Unit* of Reggio Calabria and Responsible of the APSIA RU, Prof. M. Milardi RU Operative Coordinator and Scientific Responsible of the TCLab Laboratory, Prof. C. Trombetta RU Component and Scientific Responsible of the BFL, PhD M. Mandaglio, PhD C.C. Musarella, PhD Student S. Sansotta and PhD Student E. Grillo. The Archh. Paolo Vasques and Maria Sapone, whose degree thesis "Technical Experimentations for the Management of Climate Change in the Urban Environment. An applied case study: Reggio Calabria" were drawn and processed some images related to the simulations on the Districts.

which could intensify the effects of climatic phenomena in the urban environment. The experimentation got started through specific tests carried out on different types of facades, verifying their behaviour in extreme climatic situations. Resorting to the matrices of current layouts which were selected and organized in a wide range of typological and planimetric models, as well as identifying a series of climate-responsiveness indices (Malcevski, 1987), the researcher provide the required ground for conducting the experimentation. To do so, specific tests, which were carried out on different types of facades verifying their behaviour in extreme climatic situations, were employed.

For this experimentation, the researcher took advantages of the laboratory facilities belonging to the BFL (Building Future Lab)² Mediterranean University of Reggio Calabria of and especially the TCLab, which through the testing activity, can make effective contribution to provide opportunity to test data which something different from software simulation. The testing activity and the related results - extensively described below together with a detailed methodological path fundamental to strengthen the research path - take into account the real need to modify the design approaches through the experimentation of adaptive building solutions, in par-

2 Building Future Laboratory project proposes is experienced in the particular field of applied research relating to advanced testing. BLF divided into various different labs, allows to experiment, as well as certify, new approaches and technical systems for the sustainable building of the future, able to cope with the climate changes in progress. In particular the TCLab Section - central laboratory structure - is designed to mutual objectives: one, to test the real performance responses of the facades according to the most specific international regulations, with respect to extreme events; the other to verify, according to the same regulatory requirements or state-of-the-art approaches, vertical and horizontal closures, roofing, windows, building materials, capable of guaranteeing acceptable levels of safety with respect to flows - in particular environmental ones - relate to the building envelope. BLF and TCLab in particular considered as: of the building product it is not easy to evaluate the sustainability understood as input and output of matter and energy, nor the ability to respond to the changes taking place given the fact that the components involved are multiple and all to be evaluated individually; each of them constitutes a sort of stratification, each with its own material diversity, its own life cycle, with different wear and disposal times. For this reason, the BFL represents an opportunity for integrated research and experimental activities and skills-based controlling at the overall quality of the building, from an innovative and above all sustainable perspective.

Lab)² dell'Università Mediterranea di Reggio Calabria e più specificatamente del TCLab che attraverso l'attività di *testing* ha consentito di verificare, dal vero, gli scostamenti talvolta significativi dai dati forniti dal software.

L'attività di *testing* e i relativi risultati - ampiamente descritti nel prosieguo insieme a un dettagliato percorso metodologico fondamentale per rafforzare il percorso di ricerca - danno conto dell'effettiva necessità di modificare gli approcci alla progettazione attraverso la sperimentazione di soluzioni costruttive adattive, in particolare dell'involucro edilizio quale elemento di "frontiera", in grado di dare una adeguata risposta resiliente agli effetti del cambiamento climatico.

6.2 L'APPROCCIO METODOLOGICO PER I CASI STUDIO*

L'approccio sul quale si è articolato e sviluppato l'*iter* metodologico qui illustrato, si colloca all'interno dell'attuale e ampio scenario di studi sui cambiamenti climatici (EEA, 2018) in ambiente urbano come esempio emblematico della sfida culturale e operativa che oggi viene posta dagli ambiti dell'agire umano dove l'innovazione tecnologica e la sperimentazione rappresentano gli strumenti migliori per coglierne il comportamento (Lucarelli, 2019).

È noto infatti come il settore delle costruzioni richieda uno sviluppo di nuove metodologie e di adeguati strumenti per limitare l'impatto dei cambiamenti climatici sul sistema urbano e mitigare, se non dove possibile, eliminare i fenomeni derivanti dalle dinamiche dell'ambiente costruito, connesse a detti cambiamenti, alla piccola e alla grande scala (Norrant-Romand, 2013).

Tale approccio è da mettere in rapporto anche con le necessità di un controllo "misurabile", in ragione degli scambi di flusso tra ambienti differenti come, appunto, quello che si determina tra l'edificio e il suo contesto; flusso che influen-

* Testo di Maria Teresa Lucarelli e Martino Milardi.

2 L'esperienza che il progetto del Laboratorio Building Future Lab - BFL propone, si colloca nel particolare ambito della ricerca applicata relativo al *testing* avanzato. *Testing* che, attraverso i vari laboratori in cui il BFL è suddiviso, consente di sperimentare, nonché certificare, nuovi approcci e sistemi tecnici per l'edificio sostenibile del futuro, in grado di far fronte ai cambiamenti climatici in atto. In particolare la Sezione TCLab - centrale a tutta la struttura laboratoriale - è progettata con un duplice obiettivo: l'uno, di testare le reali risposte prestazionali delle facciate secondo le normative internazionali più specifiche, rispetto a eventi estremi; l'altro di verificare, secondo gli stessi requisiti normativi o approcci in regola d'arte, chiusure verticali, orizzontali, coperture, serramenti, materiali edili, in grado di garantire livelli accettabili di sicurezza rispetto ai flussi - in particolare quelli ambientali - che si relazionano con l'involucro edilizio. Una considerazione che dà forza al contributo offerto dal BFL e dal TCLab: del prodotto edificio non è facile valutare la sostenibilità intesa come *input* e *output* di materia ed energia, né la capacità di risposta ai cambiamenti in atto stante il fatto che le componenti impegnate sono molteplici e tutte da valutare singolarmente; ognuna di esse costituisce una sorta di stratificazione, ciascuna con una sua diversità materica, un proprio ciclo di vita, con tempi di usura e di dismissione differenziati. Per questo il BFL rappresenta una occasione di ricerca e sperimentazione integrata di attività e competenze rivolte al controllo della qualità complessiva dell'edificio, in un'ottica innovata e soprattutto sostenibile.

za in modo interdipendente fenomeni e qualità microclima dello spazio urbano (IPCC, 2014).

La ricerca e le sue attività sono state quindi organizzate in “fasi tematiche” che hanno portato all’individuazione e allo studio di alcuni nodi critici inerenti le relazioni che intercorrono tra gli edifici e i loro contesti, nonché le sollecitazioni che i fenomeni climatici “impongono” agli involucri, richiamando la necessità di verifica della fattibilità tecnica degli interventi, orientata e supportata dalla sperimentazione e la valutazione dei risultati ottenuti.

6.2.1 Gli obiettivi generali

Il modello metodologico, adottato dalla RU per lo studio dei casi studio individuati - tre “Distretti” urbani della Città di Reggio Calabria più avanti descritti - si sviluppa sull’osservazione e analisi delle relazioni che si instaurano tra volumi e spazi dell’ambiente costruito, al fine di comprenderne le complesse dinamiche che ne derivano. Come per le altre prassi ascrivibili allo specifico ambito di ricerca³ lo scopo ultimo è gestire in forma strategica i fenomeni di cambiamento climatico nelle aree urbanizzate, oggi sempre più evidenti nelle diverse forme, impatti ed effetti. Lo studio condotto ha avuto come obiettivo principale il superamento delle consolidate azioni⁴, che sottendono il “rapporto edificio-contesto”, attraverso nuove modalità di indagine. L’intento era sviluppare criteri e “sperimentazioni applicate” per valutare gli effetti dei fenomeni microclimatici sugli edifici, in regime di cambiamento e, dove possibile, studiare gli esiti della loro relazione biunivoca: non solo analizzare le ricadute del *climate change* sul costruito ma verificare come le dinamiche materico-prestazionali del costruito possano innescare e/o aggravare tali fenomeni (De Wilde & Coley, 2012).

Come campo di applicazione specifico, le attività si sono focalizzate in particolare sul ruolo - complesso, non sempre “prevedibile e misurabile” - dell’involucro edilizio e dei flussi “input/output” a esso connesse.

In questo senso, per le indagini e le valutazioni dei dati ci si è avvalsi di due modalità: in prima battuta si sono impiegati i correnti software per la lettura, modellazione e simulazione dinamica di prestazioni e fenomeni, inerenti gli assetti urbani, soprattutto nei rapporti superfici orizzontali-verticali (ad esempio valori termofisici dei materiali di superficie e disposizione dei movimenti d’aria, venti, pioggia etc).

Successivamente, avendo l’opportunità di poter disporre di un Laboratorio di *Testing* avanzato per le prove dal vero su involucri edilizi (come la riproduzione di uragani, carichi del vento, *shock* termici, bombe d’acqua, etc.) si sono approntati dei protocolli di prova e repertazione che hanno costituito un vero valore aggiunto alla ricerca, concretizzando azioni di sperimentazione applicata con risultati di alta affidabilità (Milardi, 2016).

Inoltre, anche se le azioni della fase finale sono ancora *in progress*, si sono potute mettere in campo alcune procedure di comparazione tra i metodi che possono

3 È oggi palese come numerose discipline, accomunate dalla logica relativa alle questioni del ruolo delle azioni antropiche sul cambiamento climatico, affrontino il tema delle relazioni contestuali dei sistemi, con modalità ormai divenute prassi operative.

4 Il panorama di studi, processi e metodi che indagano il rapporto “edificio-ambiente” è ben noto in letteratura e offre, inoltre, un affidabile repertorio di riferimento in relazione alle specifiche degli interventi e azioni attuate nel campo.

ticular, the building envelope as a “frontier” element, able to give an adequate resilient response to the effects of climate change.

6.2 THE METHODOLOGICAL APPROACH FOR THE CASE STUDIES*

The adopted approach in this study is the part of the current broad scenario of inquiries on the climate change (EEA, 2018 in the urban environment as an emblematic example of the cultural and operational challenge that the following areas pose today of human action where technological innovation and experimentation are the best tools to understand its behaviour (Lucarelli, 2019). In fact, it is well known that the construction sector requires the development of new methodologies and adequate tools to limit the influence of climate change on the urban system and mitigate the phenomena arising from the dynamics of the built environment, related to these changes, to small and large scale (Norrant-Romand, 2013). This approach is also closely associated with the need for a “measurable” control, due to the exchange of flow between different environments such as the one that is determined between the building and its context; a flow that put the climate phenomena and microclimate quality of the urban areas under influence interdependently (IPCC, 2014). The present research study and its procedures have been organized in the form of “thematic phases” which entailed identifying and studying several critical nodes with respect to the building’s contexts association, as well as the imposed stresses of climate phenomena on the envelopes. To do so, the need to verify the technical feasibility of the interventions, supported by experimentation, and the evaluation of the results should be taken into account.

6.2.1 General goals

In order to pursue the predetermined goals of this study by RU a research model of three urban Districts within Reggio Calabria was developed based on observation and analysis of the associations between volumes and spaces of the built environment, to understand complex dynamics of them. As for the other practices attributable to the specific field of research³, the ultimate aim is to strategically manage the phenomena of climate change in urbanized areas, which today are increasingly evident in their various forms and effects. Accordingly, this

* Text by Maria Teresa Lucarelli and Martino Milardi.

3 It is clear today that many disciplines, united by the logic of the role of anthropic actions on climate change, deal with the issue of contextual relations between systems, in the operational ways that now become practical.

study was mainly intended to identify the effective procedures to overcome the consolidated actions⁴, which underlie the “building-context relationship”, adopting new methods of inquiry. More specifically, in the present study there was an attempt to develop some criteria and “applied experiments” to evaluate the effects of microclimatic phenomena on buildings change and identify the outcomes of this interplay not only for analysing the effects of climate change on the built environment but verifying how the material-presentational dynamics of the built environment can trigger and/or aggravate these phenomena (De Wilde & Coley, 2012). The large portion of the activities carried out in the process of this investigation focused solely on the complex, not always predictable and measurable roles of the building envelope and the related “input/output” flows. Considering this, two methods were used to analyse the data. First, the current software was employed for reading, modelling as well as simulating the performance and phenomena inherent in the urban layouts in a dynamic manner, especially in the horizontal-vertical surface relationships (e.g. thermophysical values of surface materials and arrangement of air movements, wind, rain, etc.). Subsequently, the existence of an advanced Testing Laboratory for real-life tests on building envelopes (such as the reproduction of hurricanes, wind loads, thermal shocks, water bombs, etc.), provide the appropriate ground for preparation of test and retrieval protocols and in turn increase the credibility and value of the results derived from the present research work (Milardi, 2016). Furthermore, although the final phase of the study has not been finished yet and is still in progress, some procedures can be adopted to draw a comparison between methods to develop an interesting and fertile new research area which aimed at recreation of the processes underlying the paradigms of adaptivity in the climate change regime.

6.2.2 The methodological procedures

In order to organize the process of the current research into a systematic way, the procedure was phased in five steps as follows:

- S1. Define and study the recurrent or reconfigurable urban layouts;
- S2. Identify the sets of indices to be used as a support to the readings and elaborations;
- S3. Define characteristics and select the representative urban Districts;

⁴ The panorama of studies, processes and methods that investigate the “building-environment” relationship is well known in the literature and offers, moreover, a reliable repertoire of reference concerning the specifications of the interventions and actions implemented in the field.

costituire un interessante e fertile campo di nuove ricerche, finalizzate all’innovazione dei processi che sottendono i paradigmi dell’adattività in regime di cambiamento climatico.

6.2.2 L’articolazione della metodologia

Per una più efficace organizzazione della ricerca, si è proceduto a sistematizzare il percorso metodologico in cinque *step* come segue:

- S1. Definizione e studio degli assetti urbani ricorrenti o riconfigurabili;
- S2. Individuazione dei *set* di indicatori da utilizzare come supporto alle letture ed elaborazioni;
- S3. Definizione delle caratteristiche e scelta dei Distretti urbani rappresentativi;
- S4. Simulazioni modellate e *testing* avanzato su *mock-up* “modelli”;
- S5. Elaborazione dei risultati ai fini dei processi di intervento per l’adattività del costruito.

Le prime due fasi hanno riguardato la necessaria istruzione e definizione di strumenti finalizzati alla “costruzione della conoscenza”, ovvero, la serie di informazioni sistematizzate che hanno il doppio ruolo di servire da un lato, alla reale restituzione dello stato dei luoghi e del complesso dei dati dinamici riferiti allo specifico contesto locale; dall’altro, di partecipare all’intero bagaglio di strategie, azioni e strumentazioni cognitive che le RU porteranno come risultato utile all’avanzamento delle conoscenze, nel campo delle strategie per la lotta al cambiamento climatico.

In particolare, le attività connesse a queste due fasi, hanno avuto come obiettivo generale quello di realizzare il corredo di *tools* che attraverso la loro particolare struttura logica potessero rendere strategiche quelle di rilevazione e lettura del dato. Aspetto particolare perseguito è stato costruire strumenti che potessero supportare le azioni attraverso “rilievi orientati” e facilitare la conseguente lettura critica dei risultati. Ciò si è reso possibile, ad esempio, con la costruzione di matrici tematiche che hanno messo in relazione assetti urbani con elementi climatici e *set* di indicatori robusti anche se con peculiari caratteri di specificità settoriale, come quelli di derivazione termofisica (EPA, 2014).

La terza fase, si è incentrata sulla scelta dei Distretti urbani⁵ della città di Reggio Calabria che avessero, in primo luogo, caratteristiche riconoscibili di corrispondenza o, comunque, fossero rappresentativi di alcuni assetti definiti nei repertori costruiti nella fase precedente. Facendo riferimento a uno stato dell’arte tematico, focalizzato sul contesto urbanistico della città, anche con il contributo di alcuni docenti dell’Università Mediterranea di diversi Settori Scientifico-Disciplinari

⁵ I recenti indirizzi della politica nazionale e internazionale per le città attribuiscono un ruolo centrale al controllo dei processi di rigenerazione dei Distretti urbani. In tali contesti, alle condizioni critiche proprie della città contemporanea relative a vivibilità, dotazione di servizi, identità, prestazioni ambientali e consumi di risorse, si affianca il tendenziale peggioramento delle condizioni climatiche, con l’incremento di eventi meteorologici estremi. In campo architettonico, l’adattamento a tali condizioni richiede la messa a punto di metodologie e strumenti innovativi per limitarne gli impatti sul sistema urbano, come evidenziato nel documento *Cohesion Policy 2014-2020* che indica nella progettualità adattiva ed “ecosystem-based” una strategia per incrementare la resilienza urbana.

SSD⁶, si è effettuata una ricognizione sul tessuto urbano al fine di individuare, più nel dettaglio, quei Distretti sui quali applicare le simulazioni di relazioni contestuali modellate.

In particolare, la ricognizione ha tenuto conto e analizzato, oltre ai parametri prettamente urbanistici, quelli relativi sia ai requisiti di tipo geomorfologico, microclimatico, di trama planivolumetrica, tipologica, materica, sia a requisiti di tipo qualitativo legati al panorama dei valori (come quelli di derivazione energetica e climatologica) che indicano prestazioni termofisiche da rilevare sia in forma statica che dinamica ai fini delle modellazioni.

La quarta fase, si è incentrata sulle attività di applicazione “simulata e dal vero”, attraverso l’uso di strumenti digitali come i correnti software di lettura e simulazione fenomenica⁷ (ad esempio ENVI-met4, Flow Design e Ansys), nonché “macchine”, ovvero le attrezzature del TCLab, come la camera di prova, il ventilatore per il carico del vento, quello per la simulazione degli uragani e delle bombe d’acqua o la camera termica per i cicli estremi. In tal modo, attraverso i software si sono rilevati parametri contestuali, elaborati e configurati successivamente, in modelli dinamici nelle diverse condizioni di scenari spazio-temporali. Questi modelli hanno consentito di definire *deficit* e livelli di comfort utili a sviluppare strategie di intervento alla scala predittiva.

Invece, attraverso le strumentazioni di *testing* avanzato del TCLab è stato possibile riprodurre fenomeni climatici, ricorrenti ed estremi, utili non solo a costruire i “ciclogrammi” (nelle prassi “*method statement*”) ma anche a elaborare “protocolli di test”, sia per successive attività sperimentali sia per certificazioni in ambito normativo. Tutto questo è stato effettuato in un laboratorio certificato su modelli reali di involucri edilizi (*mock-up*) presenti nel settore della produzione industriale in campo internazionale. Modelli scelti poiché in grado di rappresentare sia gli assetti urbani delle matrici definite in precedenza, sia le condizioni rilevate e declinate nei Distretti di studio.

L’ultima fase ha riguardato la configurazione dei risultati, costruita attraverso il complesso delle azioni connesse con la raccolta “raffinata” dei dati, la loro elaborazione e sistematizzazione, quindi la produzione dei report di prova. I report,

6 In particolare, il Prof. Valerio Morabito SSD ICAR/15.

7 Questi tipi di software servono per la simulazione ambientale e microclimatica a modello tridimensionale, vengono studiate le interazioni tra edifici, superfici, vegetazioni, flussi d’aria e di energia di una porzione di area urbana sollecitata dalle condizioni climatiche di contesto geografico. Sono anche particolarmente adatti per rappresentare il fenomeno dell’isola di calore nelle città, gli effetti provocati all’interno dei quartieri, le variazioni dei flussi d’aria e di calore in relazione alle modifiche del contesto microclimatico. Simulano infatti: - flussi di radiazioni su tutto lo spettro, dall’infrarosso all’ultravioletto, rispettando l’ombreggiamento, la riflessione e l’emissione delle radiazioni dal sistema di edifici e vegetazione; - traspirazione, evaporazione e flussi di calore sensibile dalla vegetazione nell’aria; - simulazione completa dei fattori fisici delle piante, come ad esempio la reazione di fotosintesi e i suoi effetti; - temperatura delle superfici dell’area di simulazione (edifici e suolo); - scambi di calore e di acqua all’interno del suolo; - calcolo di parametri quali la temperatura media radiante e il PMV (*Predicted Mean Vote*) dei fruitori dell’area in analisi; - dispersione di gas inerti, particolato e sedimentazione su superfici e foglie; - flussi d’aria e turbolenze, dati relativi al vento.

- S4. Model simulations and develop test based on the “models” mock-ups;
- S5. Elaborate on the results of the intervention processes for the adaptability of the built environment.

The initial two phases in which essential instructions and required tools were provided, devoted to “knowledge construction” concerned mainly with the set of systematized information, which play two major role. Firstly, it makes effective contribution to the real restitution of the state of the places and the complex of dynamic data referred to the specific local context. Secondly, participate in the total pack of strategies, actions and cognitive instruments brought by RU as a desired and useful outcome to the knowledge construction concerning the strategies for coping with climate change. In particular, the activities conducted in these two phases were generally intended to develop the set of tools which resorting to their particular logical structure could provide the possibility of strategic detection and reading of the data. A particular focus of attention was on the construction of tools that not only support the actions by “oriented surveys”, but also facilitate the consequent critical reviewing of the results. The successful achievement of this goal can be realized with the construction of thematic matrices that related urban layouts with climatic elements and sets of robust indices, even if with specific sectorial characteristics, such as those of thermophysical derivation (EPA, 2014). The third phase focused on the selection of the urban Districts⁵ from Reggio Calabria that possess the recognizable characteristics of correspondence or were representative of certain structures defined in the repertoires built in the previous phase. Taking the thematic state of the art and the urban context of the city, into consideration as well as with the contribution from some professors of the Mediterranean University of various SSD (Scientific Disciplinary Sector in Italian)⁶, a survey was carried

5 *Recent national and international policy guidelines for cities give a central role to the control of regeneration processes in urban Districts. In these contexts, the critical conditions typical of the contemporary city in terms of livability, provision of services, identity, environmental performance and consumption of resources are accompanied by a worsening trend in climatic conditions, with an increase in extreme weather events. In the architectural field, adaptation to these conditions requires the development of innovative methodologies and tools to limit their impact on the urban system, as highlighted in the document Cohesion Policy 2014-2020 which indicates in the adaptive and “ecosystem-based” design a strategy to increase urban resilience.*

6 *In particular, Prof. Valerio Morabito SSD ICAR/15.*

out on the urban fabric to identify the Districts on which the simulations of modelled contextual relationships can be applied. In particular, the survey took into account, in addition to the purely urban parameters, those relating to the geomorphological, microclimatic, volumetric plan, typological, material and qualitative requirements linked to the panorama of values (such as those of energy and climatological derivation) that indicate thermophysical performance to be measured both in static and dynamic form for modelling purposes. The fourth phase concerned with activities focused mainly on “real-life simulated application”, through the use of digital tools such as current reading and phenomenal simulation software⁷ (e.g. ENVI-met4, Flow Design and Ansys), as well as “machines”, i.e. TCLab’s equipment such as the test chamber; the fan for wind load, the fan for hurricane and water bomb simulation or the thermal chamber for extreme cycles. In this way, through the software, contextual parameters were detected, processed and subsequently configured in dynamic models in different conditions of space-time scenarios. These models made it possible to define deficits and comfort levels useful for developing intervention strategies at the predictive scale. On the other hand, using the testing instrument developed by TCLab, the possibility of reproducing recurrent and extreme climatic phenomena was provided which is useful not only to build “cyclograms” (in “method statement” practices) but also to elaborate test protocols, both for subse-

7 These types of software are used for three-dimensional model environmental and microclimatic simulation; they study the interactions between buildings, surfaces, vegetation, air and energy flows of a portion of urban area stressed by the climatic conditions of the geographical context. They are also particularly suitable to represent the phenomenon of the heat island in cities, the effects caused inside neighborhoods, the variations in air and heat flow about the changes in the microclimatic context. They simulate, in fact: - radiation flows over the whole spectrum, from infrared to ultraviolet, respecting the shading, reflection and emission of radiation from the building and vegetation system; - transpiration, evaporation and sensitive heat flows from vegetation into the air; - complete simulation of the physical factors of plants, such as the reaction of photosynthesis and its effects; - surface temperature of the simulation area (buildings and soil); - heat and water exchanges within the soil; - calculation of parameters such as the average radiant temperature and PMV (Predicted Mean Vote) of the users of the area under analysis; - dispersion of inert gases, particulate matter and sedimentation on surfaces and leaves; - air flows and turbulence, wind data.

comprensivi delle sintesi intermedie prodotte in ragione dei differenti test, sono stati veicolati alle altre RU per le differenti azioni di confronto e verifica dei risultati ottenuti, quindi ricondotti alla sistematizzazione generale ai fini delle rendicontazioni della ricerca.

Entrando nello specifico dell’*iter* della ricerca, per quanto attiene la definizione degli “assetti urbani” (*Step 1*) ci si è rifatti alla letteratura d’ambito, che negli anni ha concretizzato il repertorio di queste configurazioni in modo consolidato e riconoscibile a iniziare negli anni ‘60 da James Marston Fitch, Baruch Givoni, Victor Olgyay e Cristina Benedetti⁸. Questo si è reso necessario per verificare come, rispetto agli assunti della disciplina urbanistico-bioclimatica del secolo scorso, i conclamati effetti del cambiamento climatico e l’avanzamento delle conoscenze derivante dall’apporto fornito dagli approcci di multiscalarità e interdisciplinarietà, abbiano messo in evidenza la necessità di un profondo rinnovamento degli strumenti analitici.

Agli assetti consolidati da letteratura (Olgyay, 1973), scelti tenendo conto della gamma di prove che si dovevano effettuare e riorganizzati in un ampio ventaglio tipologico-planimetrico, ne sono stati aggiunti altri configurati dalla RU, per aumentare le opzioni di studio e di successiva simulazione.

Ai fini delle successive applicazioni, si sono considerate da una parte, le “tipologie” di cambiamento climatico in ambiente urbano che si intendeva mettere a sistema (isole e ondate di calore e bombe d’acqua); dall’altra le categorie di parametri termofisici (anche in forma di indicatori di macro e microsettori climatici) che maggiormente innescano e influenzano le dinamiche relazionali di contesto.

In particolare, si è tenuto conto di quegli assetti che potessero meglio amplificare gli effetti dei fenomeni climatici, in modo da facilitare non solo la loro lettura ma comprenderne le eventuali sinergie, sia negative che positive, al fine di orientare il complesso degli interventi successivi. Ad esempio, sono stati messi in relazione le configurazioni spaziali-dimensionali con le condizioni climatiche prevalenti del contesto dei Distretti oggetto di successiva applicazione.

Una volta scelti, gli assetti, pur “densi” di informazioni, sono stati sintetizzati e poi schematizzati in forma di icone facilmente leggibili; sono stati poi raccolti in forma di “repertorio matriciale”, al fine di consentire la restituzione di un utile scenario dinamico a corredo delle altre strumentazioni di indagine impiegabili come, ad esempio, indicatori e *software*.

Sempre al fine di completare gli strumenti di rilievo, analitico e/o cognitivo, sono state messe a punto delle schede di tipo protocollare per la raccolta raffinata dei dati riferiti ai singoli assetti. La struttura della scheda è concepita per permettere l’utilizzo dei dati rilevati, sia in forma unica/singola (es: valore di irraggiamento superficiale) che in forma aggregata (es: T° superficie + Umidità o pluviometria)

Come esemplificazione, si riportano di seguito una delle schede protocollari utilizzate e una delle matrici realizzate (Figg. 2 e 3).

Nella seconda fase (*Step 2*) ci si è indirizzati alle azioni che, operando nell’ampio e affidabile campo della specifica disciplina degli “Indicatori”, potessero istruire e, dopo, strutturare “famiglie o *set*” - in forma singola o aggregata - utili alle applicazioni che consentano la lettura critica sia di fenomeni sia di risultati, derivanti dal panorama di cambiamento climatico.

In linea generale, gli ambiti di riferimento da cui attingere valori, parametri e

8 Alcuni riferimenti da letteratura: Givoni, 1991; Benedetti, 1994; Olgyay, 1973.

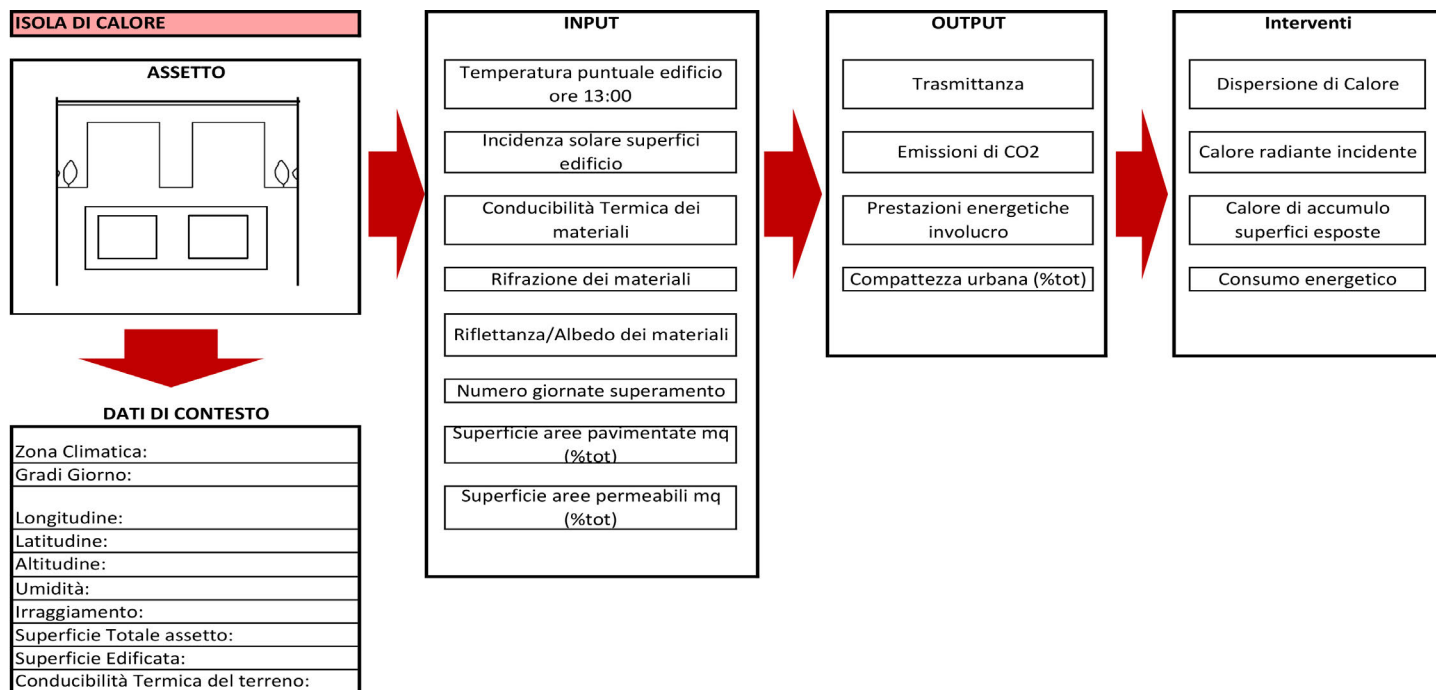


Fig. 2 - Esempio di scheda protocollare per singolo assetto / *Example of protocol sheet for single asset* (Source: Authors' elaboration).

| TEMA | VALUTAZIONE | INTERVENTI | POSSIBILI AZIONI |
|--|---|---|---|
| ISOLA DI CALORE | 1.1 DISPERSIONE DI CALORE | AUMENTARE LA DISPERSIONE DI CALORE | Realizzazione di corridoi verdi |
| | | | Conservazione e difesa delle aree verdi esistenti |
| | | | Realizzazione e sviluppo di zone umide |
| | 1.2 CALORE RADIANTE INCIDENTE | RIDURRE IL CALORE RADIANTE INCIDENTE | Incremento di alberature verdi per intercettare la radiazione solare (ombreggiamento, evapotraspirazione, etc...) |
| | 1.3 CALORE DI ACCUMULO DELLE SUPERFICI ESPOSTE | RIDURRE IL CALORE ACCUMULATO DALLE SUPERFICI ESPOSTE | Sostituzione del tradizionale asfalto (albedo 0,2) e cemento (albedo 0,4), utilizzato su strade e marciapiedi, con materiali ad elevato albedo (COOL PAVEMENTS) |
| | | | Sostituzione delle coperture tradizionali con COOL ROOFS |
| Aumento delle superfici verdi per le pavimentazioni destinate a parcheggio | | | |
| | RIDURRE LE SUPERFICI DI ACCUMULO TROPPO ESPOSTE | Cambi di colore delle superfici verticali con colori freddi (eventuale aggiornamento del piano di colore) | |
| | RIDURRE LE SUPERFICI DI ACCUMULO TROPPO ESPOSTE | Sostituzione delle coperture con tetti verdi | |
| | RIDURRE LE SUPERFICI DI ACCUMULO TROPPO ESPOSTE | Aumento delle superfici erbose o semi vegetate per le pavimentazioni asfaltate | |
| 1.4 CONSUMO ENERGETICO EDIFICATO | RIDURRE IL CONSUMO ENERGETICO DELL'EDIFICATO | Effettuare una diagnosi energetica dell'edificio per l'adeguamento alle normative in atto in materia di efficienza energetica | |

Fig. 3 - Specifiche della scheda protocollare riferita a possibili interventi / *Specifications of the protocol sheet referring to possible interventions* (Source: Authors' elaboration).

quent experimental activities and regulatory certifications. All these activities have been carried out in a certified laboratory on real models of building envelopes (mock-ups) present in the international industrial production sector. These models were chosen because they can represent both the urban layouts of the defined matrices and the detected and declined conditions in the selected Districts. The last phase deals with configuration of the findings, resulted from the set of actions associated with the “refined” data collection procedure, their processing and systematization, then the production of test reports. The reports, including the summaries produced for the different tests, were forwarded to the other RUs for drawing comparison and verification of the results, then brought back to the general systematization for research reporting purposes.

In the main phase of the research process and as an starting point based on the existing literature in the field, the definition of “urban layouts” (Step 1) was provided with reference to the reviewed literature which has been initiated by James Marston Fitch, Baruch Givoni, Victor Olgyay e Cristina Benedetti⁸ since the 1960s and continued over the years to make a repertoire of these configurations concrete in a consolidated and recognizable way, beginning in the 1960s by M. Ficht. This was necessary to verify how the acclaimed effects of climate change and the construction of knowledge resulting from the multiscale and interdisciplinary approaches, compared to the assumptions of the urbanistic-bioclimatic discipline of the last century, have highlighted the need for a profound renewal of analytical tools. In order to choose the suitable consolidated literature (Olgyay, 1973) the range of tests, which had to be conducted and reorganized into a wide typological-planimetric range, took into account to add configured by the RU to increase the options for study and subsequent simulation. For subsequent applications, on the one hand, the “typologies” of climate change in the urban environment entered in the system (islands and heat waves and water bombs); on the other hand, the categories of thermophysical parameters (also in the form of indices of macro and microclimate sectors) that trigger and influence the relational context dynamics were considered. In particular, the account has been taken of those structures that could better improve the effects of climate phenomena, not only to facilitate their reading but also to understand their possible synergies, both negative and positive, in order to orient the total subsequent interventions. For instance, spatial-dimensional configurations have been associated with the prevailing climatic conditions of the context of the Districts subject

| MATRICE CLIMATICO AMBIENTALE | | | | | | | | | | | | |
|------------------------------|-------------------|-----------------------------|----------------------------|---------------------|---------|-----------|--------------------------|------------------------------|------------------|------------------|------------------------------|-------|
| ASSETTI URBANI | MACROCLIMA | | | | | | MICROCLIMA | | | | | |
| | Zona climatica GG | Long. Latitudine Altitudine | Precipitazioni medie annue | Temp. media mensile | Umidità | Pressione | N° giorni > limiti ozono | Ventilazione urbana min./max | I (braggiamento) | Principali venti | Temp. max puntuale (h.13.00) | Altro |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |

Fig. 4 - Matrice di lettura per la comparazione tra assetti e configurazione dei microclima di base / Matrix of the comparison between asset and baseline microclimate configuration (Source:Authors' elaboration).

⁸ Some references from literature: Givoni, 1991; Benedetti, 1994; Olgyay, 1973.

aspetti quali-quantitativi per costruire il ventaglio di indicatori sono ascrivibili oltre che alla disciplina della Tecnologia dell'architettura, anche ad altre come la Climatologia, Fisica tecnica ambientale, Scienza dei materiali, Geologia, Energetica etc.

Si sono tenuti inoltre in conto i principali requisiti a cui gli indicatori, soprattutto di estrazione climatico-ambientale, devono rispondere: la qualità dei dati e dei metodi di quantificazione, la sensibilità ai cambiamenti ambientali, la loro rilevanza, l'efficacia e la trasparenza, per citarne alcuni. Allo stesso modo la loro costruzione e/o impiego ne ha considerato i criteri che stanno alla base del loro riconoscimento scientifico⁹.

Dai risultati di tale attività è stato possibile individuare una serie di indicatori che definiscono, in generale, il grado di *climate-responsive* dell'ambiente costruito; condizione che può essere agevolmente ricondotta "downscaling" a quella di Distretto/Ambito. Attraverso quindi un'indagine (tematicamente mirata) condotta su *set* di indicatori specifici - di tipo qualitativo e quantitativo - presenti in letteratura, si è potuto procedere a individuare differenti classi quindi definirne di nuovi e più adatti al contesto di indagine¹⁰.

Nel caso di studio, questi sono stati analizzati tramite apposita schedatura, selezionando quelli "di stato" rivelatisi ricorrenti e declinando in forma "ordinata" le relazioni tra fenomeni climatici e ambiente urbano. In seguito, sono state estese le categorie di fenomeni al fine di evidenziare quelli più indicativi e allo stesso tempo configurarne in nuove "forme" poiché letti secondo logiche di sinergia.

Sono state quindi definite le seguenti tipologie di indicatori: Climatici, di Stato, di Ricerca, Extra e Isola di Calore, rimandando ai relativi paragrafi del Vol. I.

Nelle tabelle più avanti indicate si porta come esempio l'indicatore *Isola di Calore*. Si è utilizzato un approccio deduttivo con il quale è stato analizzato il fenomeno e la sua possibile pericolosità; dal risultato ottenuto si sono potute mia-

9 *Validità*: adeguatezza per misurare una particolare condizione o *trend* ambientale oggetto di studio; *Obiettività*: riproducibilità dei risultati da parte di diversi analisti nelle stesse condizioni; *Sensitività*: capacità di riflettere il mutamento di una certa condizione ambientale nel tempo; *Anticipazione*: capacità di anticipare fenomeni di cambiamento ambientale rilevante; *Misurabilità*: semplicità di misura e quantificazione; *Affidabilità*: affidabilità dei dati su cui sono costruiti gli indicatori; *Comparabilità*: coerenza delle definizioni e dei metodi di misura sia nel tempo che tra le diverse aree; *Rilevanza*: capacità di rispondere a domande rilevanti per l'elaborazione delle politiche; *Efficacia*: capacità di rispondere a una determinata domanda informativa in rapporto al costo; *Chiarezza*: facilità di interpretazione corretta.

10 Pur se ampiamente riconosciuto, si ritiene utile qui sinteticamente ricordare che per indicatore si intende un indice sintetico di descrizione e di misura di un fenomeno frutto di elaborazioni di dati statistici: ci si riferisce a una informazione quantitativa, misurabile, indipendente da valutazioni personali, una misura numerica confrontabile, che permetta di descrivere l'evoluzione della situazione in cui quel territorio o sistema collettivo si pongono, rispetto al fenomeno considerato. Come è noto, infatti, ogni indicatore ha un carattere specifico e spesso riduttivo rispetto alla globalità del fenomeno che si intende rappresentare. Per descrivere nel modo più attendibile quest'ultimo è necessario selezionare una pluralità di indicatori i quali, accorpatisi in indici attraverso procedure di aggregazione di tipo statistico, possono sintetizzare l'informazione desumibile dal singolo indicatore.

to subsequent application. Immediately after selection of the structures which "dense" with information, they were synthesized and then schematized in the form of easily readable icons. They were collected in the form of a "matrix repertory", in order to allow the restitution of a useful dynamic scenario to attach the other instruments of investigation such as indices and software to be used. In addition, in order to complete the analytical and/or cognitive survey instruments, protocol-type data sheets were developed for the refined collection of data referring to the individual assets. The structure of the sheet was designed to allow the use of two forms of the collected data, both in single/single form (e.g., surface irradiation value) and in aggregate form (e.g., T° surface + humidity or rainfall). As an example, one of the protocol sheets and a sample of the produced matrices are presented below (Figg. 2 and 3).

In the second phase (Step 2) we addressed the actions that, operating in the wide and reliable field of the specific discipline of the indices, could instruct and, afterwards, structure "families or sets" - in single or aggregate form - useful for applications that allow a critical reading of both phenomena and results, deriving from the climate change scenario. Generally speaking, the reference areas from which to draw values, parameters and semi-quantitative aspects to construct the range of indices are attributable not only to the discipline of architectural technology but also to such factors as climatology, environmental technical physics, materials science, geology, energy, etc.; The main demands which the indices, especially those relating to climate-environmental extraction, should meet have also been taken into account including: the quality of data and quantification methods, sensitivity to environmental changes, their relevance, effectiveness and transparency. Similarly, the construction and use of them has taken the criteria underlying their scientific recognition into consideration⁹.

9 *Validity*: adequacy to measure a particular environmental condition or trend being studied; *Objectivity*: reproducibility of results by different analysts in the same conditions; *Sensitivity*: the ability to reflect the change of a certain environmental condition over time; *Anticipation*: the ability to anticipate relevant environmental change phenomena; *Measurability*: simplicity of measurement and quantification; *Reliability*: reliability of the data on which the indices are built; *Comparability*: consistency of definitions and measurement methods both over time and between different areas; *Relevance*: the ability to respond to questions relevant to policymaking; *Effectiveness*: the ability to respond to a given information question concerning cost; *Clarity*: ease of correct interpretation.

From the results of this activity, it was possible to identify a series of indices that define, in general, the degree of climate-responsiveness of the built environment; a condition that can be easily traced downscaling to that of the District/field.

Therefore, through a survey (thematically targeted) conducted on a set of specific indices - qualitative and quantitative -, it was possible to identify different classes and define new ones more suitable for the context of the survey¹⁰.

In the case study, these were analysed employing a special filing system, selecting the “state” ones that proved to be recurrent, and declined in an “ordered” form the relations between climatic phenomena and the urban environment. Subsequently, the categories of phenomena were extended in order to highlight the most indicative ones and at the same time configure them into new “forms” as they were read according to the logic of synergy. The following types of indices have therefore been defined: Climate, State, Research, Extra and Heating Island, referring to the relevant paragraphs of Vol. I.

The following tables show the Heating Island indices as an example. A deductive approach was adopted to analyze the phenomenon and its possible dangerousness; from the result obtained it was possible to measure the environmental conditions in place to develop them concerning future scenarios, through categories of technical solutions aimed at the resilient regeneration of Homogeneous urban areas such as specifically, Districts.

The aim was to define the technical solutions that really respond to a selected index and then link it to a specific category of technical solutions congruent to the specific context, in a sort of two-way relationship. The extension of the categories of phenomena described above was then “climbed” and applied to identify new batteries of indices. Their analysis, in fact, has allowed the simulation of new urban scenarios and the

¹⁰ Although widely recognized, it is considered useful here to briefly recall that an indicator is a synthetic index of description and measurement of a phenomenon that is the result of statistical data processing: it refers to quantitative, measurable information, independent from personal evaluations, a comparable numerical measure, which allows describing the evolution of the situation in which that territory or collective system is placed, for the phenomenon considered. As is well known, in fact, each indicator has a specific and often reductive character concerning the totality of the phenomenon it is intended to represent. In order to describe the latter most reliably, it is necessary to select a plurality of indices which, grouped into indices through statistical aggregation procedures, can synthesize the information that can be inferred from the single indicator.

surare le condizioni ambientali in atto per svilupparle rispetto a scenari futuri, attraverso categorie di soluzioni tecniche volte alla rigenerazione resiliente degli Ambiti urbani omogenei come, nello specifico, i Distretti. Lo scopo è stato quello di definire le soluzioni tecniche realmente rispondenti a un indicatore selezionato e quindi collegarlo a una specifica categoria di soluzioni tecniche congruenti allo specifico contesto, in una sorta di relazione biunivoca.

L'estensione delle categorie di fenomeni sopra descritta è stata in seguito “scalata” e applicata per individuare nuove batterie di indicatori. La loro analisi, infatti, ha consentito la simulazione di nuovi scenari urbani e la redazione di una scheda tipo per la costruzione di un quadro sinottico di applicabilità dei criteri

| INDICATORI ISOLA DI CALORE | |
|--------------------------------------|--|
| Superficie Aree Pavimentate: | |
| Superficie Aree Permeabili: | |
| Superficie Edificata: | |
| Sky View Factor (SVF): | |
| Compattezza Urbana: | |
| Incidenza solare sulle superfici: | |
| nord/nord-est | |
| sud/sud-ovest | |
| est/sud-est | |
| ovest/nord-ovest | |
| copertura piana | |
| copertura a falda | |
| Riflettenza/Albedo dei materiali: | |
| Indice di Rifrazione dei materiali | |
| nord/nord-est | |
| sud/sud-ovest | |
| est/sud-est | |
| ovest/nord-ovest | |
| copertura | |
| Conducibilità Termica del terreno: | |
| Conducibilità Termica dei materiali: | |
| nord/nord-est | |
| sud/sud-ovest | |
| est/sud-est | |
| ovest/nord-ovest | |
| copertura piana | |
| copertura a falda | |

| INDICATORI DI RICERCA | |
|---|--|
| Indice di Permeabilità delle superfici non edificate: | |
| Percentuale Aree verdi su superficie totale: | |
| Copertura territoriale: | |
| Localizzazione geografica: | |
| Densità Edilizia Territoriale: | |
| Quota altimetrica: | |
| h media edificato: | |
| Capacità di stoccaggio dell'acqua: | |

| INDICATORE EXTRA per contesto Mediterraneo | |
|---|--|
| Densità di vapore alla superficie del mare: | |

Tab. 1 - Tabella analitica indicatori / Indicators analytical table (Source: Authors' elaboration).

selezionati alle nuove costruzioni e/o all'esistente, con possibili ricadute nell'ambito degli indirizzi strategici nazionali ed europei che vedono nelle azioni di adattamento al cambiamento climatico un fattore essenziale per lo sviluppo sostenibile e responsabile delle città.

Sulla scorta di quanto espresso, si sono quindi delineate le principali tipologie di assetto edilizio riscontrabili all'interno di un sistema urbano, mettendole a sistema in due matrici: una "climatico ambientale" e l'altra "tipologico-edilizia". A queste sono stati affiancati ulteriori indicatori orientati al rilievo del tenore energetico, ad esempio, fabbisogni e consumi - nelle tipologie dell'edilizia pubblica e residenziale, dedotti e filtrati dai report del Programma Europeo "Concerto", così come

drafting of a model sheet for the constructing a synoptic picture from the applicability of the selected criteria to new and/or existing buildings, with possible repercussions in the context of national and European strategic guidelines that consider climate change adaptation actions as an essential factor for the sustainable and responsible development of cities. Based on the above mentioned information, the main types of building layouts within an urban system were then outlined, putting them into two matrices i.e., "climatic-environmental" and "typological-building". These were flanked by further indices oriented to the survey of energy content, for example, needs and consumption - in the types of public and residential buildings, deduced and filtered from the reports of the European "Concerto" Program, as shown in the Table 1. Through the construction of special equipment, it has also been possible to develop a series of digital protocol boards, applicable in different situations of urban and environmental context. This approach was primarily intended to constitute a different mode of reading particular categories of contextual relations - above all dictated by flows in a regime of "phenomenon-stress-response-response-effect" between, for example, the building/open space; that is, relations on which the repertoires of adaptive options are built. The set of cards, in addition to the data survey, was structured to provide an agile tool for comparing the overall relational dynamics of the chosen structures. In particular, they are intended to allow both readings and comparisons:

- scalar aspects, such as building fronts and spaces of relevance;
- qualitative aspects, such as the performance responses of surface materials;
- phenomenal aspects, such as different microclimates or climatic effects, both punctual and diffuse.

The ultimate aim is to support the processes of design selection with high adaptive content and resilient congruence of the intervention scenarios. To gain this purpose, the comparisons should be drawn with further steps of performance envisaged, evaluated and proposed by the content of the solutions.

Therefore, based on the sets of indices identified and concerning the matrices previously drawn up, a useful sequence has been constructed to demonstrate the activities related to the analysis of the urban environment, "read" in a climate change regime. The procedure was carried out in some systematically organized stages as follows:

- identification of the urban area of reference, through maps and reference maps - analysis of the macroclimatic context of the area, with the specifications of climate indices;
- analysis of the urban fabric, following the status indices;
- analysis of the urban layout, through identification of the indices to determine the heat islands;

INDICATORI EDILIZIA PUBBLICA



Fig. 5 - Indicatori dell'edilizia pubblica / Public Building Indicators (Source: Authors' elaboration).

INDICATORI EDILIZIA PRIVATA

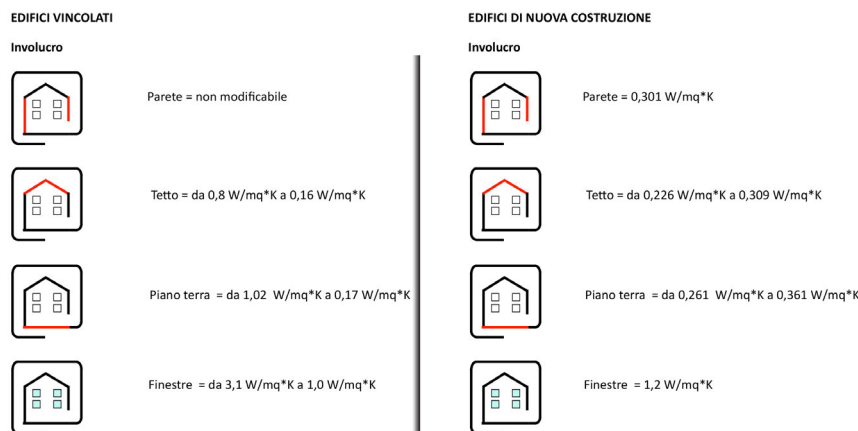


Fig. 6 - Indicatori dell'edilizia privata / Private Building Indicators (Source: Authors' elaboration).

- preventive analysis, through the specifications of the research indices;
- recognition of possible interventions and actions.

The development of this construct made it possible, in the first instance, to define the main functions scenario for the contextual system under analysis, i.e. the urban fabric of Reggio Calabria city. After analysis, this has been organized by “macro-thematic categories” - often revealed to be problematic - contained in the environmental components grouped in a) air and climatic factors; b) water and soil. This was done to fulfill two major goals i.e., making advantages of this finding to trace general trajectories and supporting the subsequent criteria for the selection of the Districts as the case study.

Due to the assumptions indicated among the general goals of the method, and considering the verifications as well as the consequent feedback, for the purpose of defining the framework of parameters, requirements, characters, and then the criteria useful for the choice, in this phase (Step 3), the Urban Districts of Reggio Calabria city in which the activities related to the phenomena simulation and operations modelling are performed, have been defined. Therefore, three “portions” of the urban fabric have been identified which resorting to above-mentioned instrumental characteristics and opportunities, have been considered representative “models” suitable for the application of the planned experiments. The three Districts have been delimited within the historically consolidated Districts: Santa Caterina, GOM (Grande Ospedale Metropolitan)-Parco Caserta, Centro Storico-Stazione Centrale. The particular urban layout of the city, as it is illustrated in the following images, has allowed a delimitation congruent to the study parameters. This has been carried out within Districts with number of inhabitants fluctuated between 30 and 40,000 so that the Districts have a “homogeneous” cut of point 10,000. As mentioned above, the territorial and geomorphological layout of Reggio Calabria, together with the environmental features, represent a climate system favoured for a particular interest. In fact, the phenomena dignified by the literature of “the Strait”, beyond their mythological or even “mystical” meanings, most of the time are linked to the microclimate of this area which, as is known in meteorology, escapes the “bulletin” forecasts due to the sudden variations and a considerable variability characterize it. In particular, the values of temperatures, humidity, solar paths and, above all, wind parameters combined with the exchange of flows between the “emerged surface” and the “marine” surface, determined climatic synergies of absolute interest, both for studies on changes and on the possibilities of intervention to control them and make virtuous benefits of them in terms of useful captures, e.g., passive or adaptive responses.

indicato nelle figure 5 e 6.

Attraverso le costruzioni di appositi apparati è stato, inoltre, possibile, sviluppare una serie di schede a funzionamento protocollare in forma digitale, applicabile in differenti situazioni di contesto urbano e ambientale. Questo approccio ha l’obiettivo primario di costituire una differente modalità di lettura di particolari categorie di relazioni contestuali - soprattutto dettate da flussi in regime di “fenomeno-sollecitazione-risposta-effetto” tra, ad esempio l’edificio/spazio aperto; ovvero, relazioni su cui si costruiscono i repertori di opzioni adattive.

L’insieme delle schede, oltre al rilievo dei dati, è strutturato per fornire un agile strumento di comparazione tra le dinamiche relazionali complessive degli assetti scelti. In particolare, intendono consentire letture e confronti che riguardano sia:

- aspetti scalari, come ad esempio fronti edilizi e spazi di pertinenza;
- aspetti qualitativi, come le risposte prestazionali dei materiali di superficie;
- aspetti fenomenici, come i differenti microclima o effetti climatici sia puntuali che diffusi.

Lo scopo ultimo è quello di favorire i processi di scelte progettuali ad alto contenuto di adattività e congruenza resiliente degli scenari di intervento. Questo si crede sia possibile, caratterizzando le comparazioni con ulteriori passaggi di contenuto prestazionale delle soluzioni previste, valutate e proposte.

Pertanto, sulla base dei set di indicatori individuati e in relazione alle matrici precedentemente redatte, si è articolata una sequenza utile alle azioni di analisi dell’ambiente urbano, “letto” in regime di *climate change*.

L’iter si articola in differenti sezioni divise in:

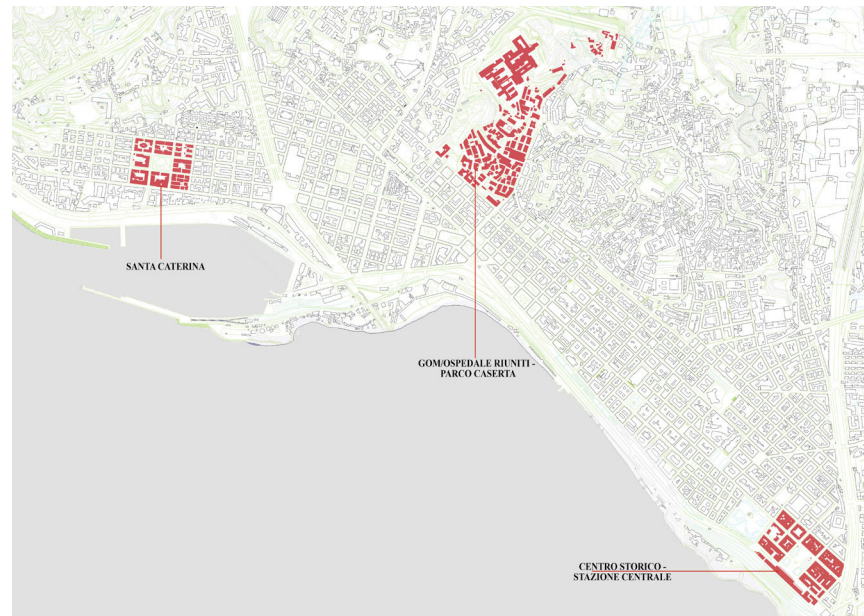
- individuazione dell’area urbana di riferimento, attraverso cartografie e mappe dell’ambito urbano omogeneo considerato;
- analisi del contesto macroclimatico dell’area, con le specifiche degli indicatori climatici;
- analisi del tessuto urbano, seguendo gli indicatori di stato;
- analisi dell’assetto urbano, con l’individuazione degli indicatori per determinare le isole di calore;
- analisi preventiva, attraverso le specifiche degli indicatori di ricerca;
- possibili interventi e azioni.

Lo sviluppo di questa articolazione ha permesso, in prima battuta, di definire lo scenario dei principali funzionamenti del sistema contestuale oggetto di analisi, ovvero il tessuto urbano della città di Reggio Calabria. Una volta analizzato, questo è stato organizzato per “macro-categorie tematiche” - rivelatesi, spesso, problematiche - che sono state messe in relazione alle componenti ambientali raggruppate in: a) aria e fattori climatici; b) acqua e suolo. Tale operazione aveva un duplice scopo; da un lato, sfruttare questo risultato intermedio per tracciare generali traiettorie d’intervento per possibili azioni di mitigazione e adattamento, dall’altra, supportare i susseguenti criteri di scelta dei Distretti sui quali si sarebbero applicate le azioni di ricerca.

In ragione degli assunti indicati tra gli obiettivi generali del metodo ma, soprattutto, considerando le verifiche e i conseguenti *feedback* per arrivare a definire, prima il quadro dei parametri, requisiti e caratteri e poi i criteri utili alla scelta, in questa fase (Step 3) sono stati definiti i Distretti urbani della città di Reggio Calabria sui quali tradurre le attività di simulazione dei fenomeni e modellazione dei funzionamenti. Sono stati quindi individuati tre “porzioni” del tessuto urbano

che per le citate caratteristiche e opportunità strumentali si sono ritenuti rappresentativi nonché “modelli” adatti all’applicazione delle sperimentazioni previste.

I tre Distretti sono stati delimitati all’interno dei quartieri storicamente consolidati: Santa Caterina, GOM (Grande Ospedale Metropolitano)-Parco Caserta,



AMBITI URBANI OMOGENEI

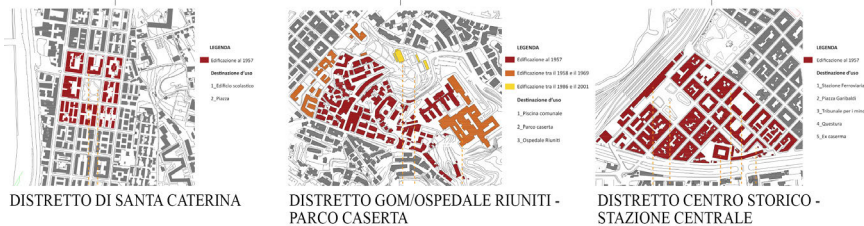


Fig. 7 - Inquadramento territoriale degli assetti urbani dei casi studio / Territorial classification of the urban asset of the case studies (Source: Authors’ elaboration).

The “Strait Climatic Region” (Olgyay, 1962) is characterized, in principle, by a prevailing wind regime arranged, during the year, by the N-NW and S-SE quadrants (an aspect that is considerably amplified due to the disposition of the Peloritani Mountains and Aspromonte) with episodic strong intensity and dominance from the West. Obviously, the “opposite” cities of Reggio Calabria and Messina have antithetical effects inherent to the exhibitions: Messina is more irradiated in the morning hours and scarcely at the end of the afternoon, as the strong Sirocco hits it but protected by the Mistral. Reggio Calabria, on the contrary, is directly irradiated from midday onwards and exposed to Mistral and North wind; paradoxically it is “protected” by the strong Sirocco that blows from behind, even if the strong intensities are however detectable especially at about 50 meters from the coastline. These climatic conditions have a substantial impact on the percentage of humidity, making the macro and microclimatic conditions of the places very dynamic and variable. This “hyper-synthetic” information, however, highlights how the identified Districts have proved to be important laboratories for simulation and observation (not only empirical) of the phenomena. However, it is important to point out that in the recent years a clear climate change has been added to this endemic variability, typical of the Strait Region. This change is constantly detected by meteorological processing centres (such as the climatology section of the CNR - National Research Centre - of Lamezia, the Port Authority of Gioia Tauro and the Captaincies of Reggio Calabria and Messina) but now it is visible and consolidated in the “feeling of people and places”; think of the increase in tornadoes and the over-growing episodes of water bombs. The phenomena of islands and heat waves, on the other hand, deserve a much more in-depth discussion because of the synergies between temperature, humidity and wind regime in the urban environment of the city. From the geomorphological points of view, Volumetric Planning, and typological structure that characterizes Reggio Calabria - as illustrated in the figures below can be described briefly as follows. The urban layout of Reggio Calabria, completely rebuilt in 1910 following a violent earthquake, is included, to the West, by a wide stretch of coast open on Sicily, developing longitudinally in a North-South direction, with a pre-Eastern hilly system on the Eastern side. It is, in principle, made up of three large areas with a recognizable texture:

- the orthogonal mesh of the post-earthquake reconstruction (known as “Piano De Nava”), which includes the historic center and the contemporary mesh of the Northern Districts;
- the orthogonal mesh of the post-war quarters to the South (with deep “uncontrolled” building advertisements);
- the fringe fabric that follows the contour lines of the hilly area.

To this configuration has to be added a planimetric trend that develops the slopes (sometimes accentuated) in the transversal direction East (high) - West (low).

This type of morphological planning defines a clear arrangement - see the density of the fronts - which, will influence the regime of airflows, concerning the prevailing winds in the directions already described, affecting, in fact, climatic elements and factors, which consequently lead to characterizing the general microclimate. According to the analysis and findings related to the specific contextual areas, it can be argued that given the connotation of the plant, it was quite easy to identify urban Districts that could serve as "representative samples" on which the performance simulations was carried out. As for the climate, the other parameters of choice were identified, such as those relating to the field of typological grammars, building consistency and density and, above all, material scenarios concerning surfaces and volumes. In this sense, the criterion for choice was easily identified based on pre-determined definition:

- *the climatic phenomena to be controlled (remember, heating island waves plus extreme rainfall events);*
- *the indices to be instructed and applied;*
- *the parameters and values to be measured;*
- *the regulations to define standards, quality thresholds and performance deficits;*
- *the characteristic elements inherent to the application of the modelled simulations and tests to be carried out (therefore, the baggage of all the data series to be collected, required by the standardized software and test cyclo-grams).*

Finally, the conclusive action to complete the "sieve" for selecting the sample Districts - to meet the demands of prescribed methodological goals - was the application of "Recurrent Assets" matrix, which is intended to study the climatic-contextual relations, constructed in the previous steps. Therefore, once these requirements were applied to the selected Districts the choice fell on three Districts - we repeat: District Santa Caterina, GOM-Parco Caserta, Historical Centre-Central Station, which not only showed the greatest capacity to "accommodate" the input data but above all had the greatest number of parameters detectable for simulations.

Two strategic aspects have joined these characteristics: a) the significance in terms of the microclimatic phenomena to be simulated (e.g. clivometry/exposure and percentage of admissible surfaces), especially in describing the "envelope-context" relations; b) the possibility of being replicated in subsequent testing actions from life.

It should be noted that further refinement of choice was realized by the analysis of the building intended use, as well as the differences between residential and public buildings, with

Centro Storico-Stazione Centrale.

La particolare trama urbana della città, da come si può facilmente evincere dalle immagini che seguiranno, ha consentito una delimitazione congruente ai parametri di studio. Questa è stata effettuata all'interno di quartieri che hanno in linea di massima un numero che oscilla tra i 30 e 40.000 abitanti, per cui i Distretti hanno un taglio "omogeneo" di circa 10.000 ciascuno.

Come accennato, l'assetto territoriale e geomorfologico di Reggio Calabria unito alle peculiarità ambientali, restituiscono un sistema climatico di particolare interesse. Infatti, i fenomeni celebrati dalla letteratura riguardo "lo Stretto", al di là dei loro significati mitologici quando non addirittura "mistici", il più delle volte sono legati proprio al microclima di questa zona che, come è noto in meteorologia, sfugge alle previsioni "da bollettino" in quanto caratterizzato da variazioni repentine e da una notevole variabilità.

In particolare, i valori delle temperature, dell'umidità, dei percorsi solari e, soprattutto, i parametri del vento uniti al rapporto di scambio dei flussi tra la "superficie emersa" e quella "marina", determinano delle sinergie climatiche di assoluto interesse, sia per gli studi sui cambiamenti che sulle possibilità di intervento volte non solo al loro controllo ma al virtuoso sfruttamento in termini di captazioni utili, ad esempio, alle risposte passive o adattive.

La "Regione Climatica dello Stretto" (Olgyay, 1962) è connotata, in linea di massima, da un regime dei venti prevalenti disposti, durante l'anno, dai quadranti N-NW e S-SE (aspetto che si amplifica sensibilmente in ragione della disposizione dei Monti Peloritani e dell'Aspromonte) con episodica forte intensità e dominanza da Ovest. Ovviamente le Città "opposte" di Reggio Calabria e Messina hanno, appunto, effetti antitetici inerenti le esposizioni: Messina è maggiormente irraggiata nelle ore del mattino e scarsamente a fine pomeriggio così come è investita dal forte Scirocco ma protetta dal Maestrone. Reggio Calabria, al contrario, è direttamente irraggiata da mezzogiorno in poi ed esposta a Maestrone e Tramontana; paradossalmente è "protetta" dallo Scirocco che soffia alle spalle, anche se le forti intensità sono comunque rilevabili soprattutto a circa 50 metri dalla linea di costa. Tali condizioni climatiche, incidono in modo sostanziale su alcuni valori, come ad esempio sulla percentuale di umidità, rendendo appunto molto dinamica e variabile la condizione macro e microclimatica dei luoghi.

Queste informazioni "iper-sintetiche" mettono comunque in evidenza quanto i Distretti individuati si siano rivelati importanti laboratori di simulazione e osservazione (non solo empirica) dei fenomeni.

Si ritiene comunque rilevante evidenziare che a questa conclamata ed endemica variabilità, propria della Regione dello Stretto, si è aggiunto in questi ultimi anni un palese cambiamento climatico costantemente rilevato dai centri di elaborazione meteorologica (come la sezione di climatologia del CNR - Centro Nazionale di Ricerca - di Lamezia, l'Autorità Portuale di Gioia Tauro e le Capitanerie di Reggio Calabria e Messina) ma ormai visibile e consolidato nel "sentire di persone e luoghi"; basti pensare all'aumento delle trombe d'aria e ai sempre più frequenti episodi di bombe d'acqua. Un discorso molto più approfondito meriterebbero invece i fenomeni delle isole e ondate di calore proprio in virtù delle sinergie tra temperature, umidità e regime dei venti dell'ambiente urbano della città.

Riguardo invece all'assetto geomorfologico, planivolumetrico, tipologico che caratterizza Reggio Calabria - come si evince dalle figure che seguono - si può in

sintesi così descrivere.

L'impianto urbano di Reggio, completamente ricostruita dal 1910 a seguito di un violento terremoto, è compreso, a ovest da un ampio tratto di costa aperto sulla Sicilia, sviluppandosi longitudinalmente in direzione nord-sud, con un sistema collinare pre-aspromontano sul lato est. È, in linea di massima, costituito da tre grandi aree dalla trama riconoscibile:

- la maglia ortogonale della ricostruzione post sisma (conosciuto come “Piano De Nava”), che comprende il centro storico e la maglia coeva dei quartieri a nord;
- la maglia, anch'essa di matrice ortogonale, dei quartieri post bellici a sud (con profonde inserzioni di edilizia “incontrollata”);
- il tessuto di frangia che segue le curve di livello della zona collinare.

A questa configurazione va annesso un andamento planimetrico che sviluppa le pendenze (a volte anche accentuate) nella direzione trasversale est (alto)-ovest (basso).

Tale tipo di assetto morfologico, definisce una chiara disposizione - vedi la densità dei fronti - che come si vedrà influenzeranno il regime dei flussi d'aria, in rapporto ai venti prevalenti nelle direzioni già descritte incidendo, di fatto, su elementi e fattori climatici caratterizzando così il generale microclima.

Rimandando a una fase successiva le analisi e risultati relativi agli ambiti contestuali specifici, si può in larga misura osservare che, vista la connotazione d'impianto, è risultato alquanto agevole individuare dei Distretti urbani che potessero fungere da “campione rappresentativo” su cui effettuare le simulazioni prestazionali. Così come per il clima, sono stati individuati gli altri parametri di scelta come quelli relativi al campo delle grammatiche tipologiche, della consistenza e densità edilizia e, soprattutto, degli scenari materici inerenti superfici e volumi. In tal senso, il criterio di scelta è stato agevolmente costruito in quanto, avendo in precedenza definito:

- i fenomeni climatici da controllare (ricordiamo, isole e onde di calore più gli eventi pluviometrici estremi);
- gli indicatori da istruire e applicare;
- i parametri e valori da misurare;
- le normative per definire standard, soglie qualitative e deficit prestazionali;
- gli elementi caratteristici inerenti l'applicazione delle simulazioni modellate e dei test da svolgere (quindi, il bagaglio di tutte le serie di dati da rilevare, richieste dai software e dai ciclogrammi di prova normati).

Infine, l'azione conclusiva per completare il “setaccio” con il quale effettuare la scelta dei Distretti campione - tra le più significative per gli obiettivi metodologici dichiarati - è stata l'applicazione della matrice degli “Assetti ricorrenti” finalizzati alle letture di relazioni climatico-contestuali, costruite nei precedenti *step*.

Per cui, una volta applicati questi requisiti ai tre quartieri sopra menzionati del tessuto urbano reggino, la scelta è appunto caduta su tre Distretti - si ribadisce: 1. Distretto Santa Caterina, 2. GOM (Grande Ospedale Metropolitano)-Parco Caserta, 3. Centro Storico/Stazione Centrale, che mostravano non soltanto le maggiori capacità di “accogliere” i dati di rilievo in *input*, ma soprattutto avevano il maggior numero di parametri rilevabili ai fini delle simulazioni.

A queste caratteristiche si sono uniti due aspetti strategici: a) la significatività in ragione dei fenomeni microclimatici da simulare (ad esempio, clivometria/esposizione e percentuali superfici ammettenti), soprattutto nel descrivere le relazioni “involucro-contesto”; b) la possibilità di poter essere replicati nelle successive

particular attention to the “synergistic triggering elements” of the phenomena of climate change in the urban environment. Through exemplifying, we focused on the simultaneous presence of large air conditioning systems, car parks on asphalt surfaces, high percentages of (waterproof) surfaces with high thermal admittance, as well as checks on the altimetric profiles on which these elements insisted. Summing up these conditions in some in extreme characters or values such as temperature and humidity - often fed by “emitting” systems - can lead to increase the number and incidence risk factors determining, in fact, the possibility of the micro-climatic change in the urban environment. It is apparent that, given the classes of “climatic” needs at stake, the same attention was paid to the overall material analysis of the horizontal and vertical surfaces constituting structures and districts. In the synthesis, we reported the general characteristics of the selected Districts for the analysis and modelled performance simulations.

Santa Caterina

The District of Santa Caterina is located in the Northern outskirts of Reggio Calabria city. It follows the development lines of the “Piano De Nava” of 1911, characterized by an orthogonal mesh with regular blocks mainly in closed courtyards and by social housing of the 1920s with residential use. The buildings, made of a load-bearing structure in reinforced concrete, collaborating with solid brick walls (according to the a-seismic system used in those years) have very different heights, from two and three floors above ground for those with a courtyard, while between four and five floors for buildings in line. The latter, however, rise at the Western edge of the District and do not fall within the simulated space, involve the District, which is supposed to affect the functioning of the flows, given their “barrier effect” for the prevailing winds. The type of envelope refers to high percentages of opaque portions, with thermophysical behaviour attributable to wall mass with strong thermal inertia. The insulating elements constituting the investigation area, allow regular radiation of the fronts given the free ratios between eaves heights and road widths. The roofs are of the discontinuous tile type, so depending on the orientation and exposure, the thermal performance gives alternating responses to overheated or underheated seasons. The surface materials of the entire District have an accentuated imbalance towards waterproof materials with recognizable admittance characteristics, given the conspicuous presence of asphalt, cement, mortar, stone and terracotta materials, with a modest presence of glass. The presence of a green area functioning as a small area park, with the arrangement of maritime pines and horizontal permeable surfaces with discrete pieces of lawn in the flowerbed, is signifi-

cant, however, for the dynamics of thermal flow, referable to the risk from island and heatwave. The thermal systems of possible detected impact are embedded in the school, as the only public building in the District, located in the North edge of the area..

The clivometry and connections between the slopes do not represent elements of risk, as the District is essentially flat, except for flooding episodes on the lower edge of the quadrant, which in spite of registration, is bounded largely on poor maintenance of road quays and holes.

GOM (Grand Metropolitan Hospital)-Caserta Park

Situated upstream of the old city centre on the Eastern side, instead, is the GOM District, which stands on a hilly "hillock" inside the city and from which the large green area of the Caserta Park is produced (which in turn originates an ancient torrent now regulated by subway works). Although it does not belong to the orthogonal mesh typical of Reggio Calabria, the District is very interesting for analytical and simulative application purposes. The urban mesh is preferable to the mixed linear type because the front of the buildings is arranged at the edge of the road axes and frayed because the particular clivometry did not allow for regular installation forms. Developed on the strong demarcations of the contour lines that constitute the distinctive character of the Eastern part of the city, it nevertheless shows

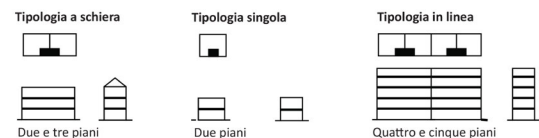


Fig. 8 - Santa Caterina - Inquadramento territoriale e analisi della tipologia edilizia/ Santa Caterina - Territorial classification and analysis of the building typology (Source: Authors' elaboration).

azioni di testing dal vero.

Si evidenzia che ulteriore raffinazione della scelta è stata l'analisi delle destinazioni d'uso del costruito, in quanto oltre alle differenze tra residenziale e pubblico, si è posta particolare attenzione agli "elementi di innesco sinergico" dei fenomeni di cambiamento climatico in ambiente urbano.

A titolo esemplificativo, ci si è rivolti in modo mirato alla contemporanea presenza di grandi impianti di climatizzazione, di parcheggi su superfici asfaltate, di alte percentuali di superfici (impermeabili) ad alta ammettenza termica, nonché alle verifiche dei profili altimetrici su cui tali elementi insistevano.

Condizioni che quando si "sommano", soprattutto nei caratteri o valori estremi come ad esempio temperature e umidità - spesso alimentati da impianti "emettenti" - aumentano il numero e l'incidenza dei fattori di rischio determinando, nei fatti, l'incremento dei fenomeni di cambiamento microclimatico in ambiente urbano.

Resta inteso che, viste le classi di esigenza "climatica" in gioco, altrettanta cura si è rivolta alle complessive analisi materiche delle superfici orizzontali e verticali costituenti assetti e distretti.

In particolare e in sintesi, si riportano le caratteristiche generali dei Distretti scelti per le analisi e simulazioni prestazionali modellizzate.

Santa Caterina

Il Distretto di Santa Caterina è collocato nella periferia nord della città di Reggio Calabria e segue le linee di sviluppo del "Piano De Nava" del 1911, caratterizzato da una maglia ortogonale con isolati regolari prevalentemente a corte chiusa e da edilizia economica popolare degli anni '20 con destinazione d'uso residenziale. Gli edifici, realizzati in struttura portante in cls armato, collaborante con setti murari di mattoni pieni (secondo il sistema a-sismico utilizzato in quegli anni) presentano altezze molto varie, da due e tre piani fuori terra per quelli a corte, mentre tra i quattro e i cinque piani per gli edifici in linea. Questi ultimi, sorgono comunque al margine ovest del Distretto e non rientrano nello spazio simulato, ma coinvolgono il Distretto considerato incidendo sui funzionamenti dei flussi, visto il loro "effetto barriera" rispetto ai venti prevalenti. Il tipo di involucro fa riferimento a forti percentuali di porzioni opache, con comportamento termofisico ascrivibile a massa muraria con forte inerzia termica. Gli isolati costituenti l'area di indagine, consentono regolari irraggiamenti dei fronti visti i rapporti liberi tra altezze di gronda e larghezza delle strade. Le coperture sono di tipo discontinuo in tegole, per cui in base agli orientamenti e alle esposizioni, le prestazioni termiche restituiscono alternanza di risposta rispetto alle stagioni surriscaldate o sottoriscaldate. I materiali di superficie dell'intero Distretto hanno un accentuato sbilanciamento verso materiali impermeabili con riconoscibili caratteri di ammettenza, vista la cospicua presenza di asfalti, cementi, malte di rivestimento, materiali lapidei e terrecotte, con modesta presenza di vetro.

Significativa comunque per le dinamiche di flusso termico, riferibile al rischio da isola e ondata di calore, la presenza di un'area verde con funzione di piccolo parco di zona, con la disposizione di pini marittimi e superfici orizzontali permeabili con discrete pezzature di prato in aiuola. Gli impianti termici di possibile impatto rilevati sono presenti negli edifici scolastici sul bordo nord dell'area, unici edifici pubblici del Distretto. La clivometria e i raccordi tra le pendenze non presentano elementi di rischio, essendo il Distretto disposto essenzialmente in

piano, salvo episodi di allagamenti sul bordo inferiore del quadrante comunque registrati ma dipendenti da cattiva manutenzione di banchine stradali e tombini di raccolta.

GOM (Grande Ospedale Metropolitano)-Parco Caserta

Collocato a monte del centro storico sul versante est, invece, si trova il quartiere del GOM (Grande Ospedale Metropolitano) che insiste su un “poggio” collinare interno alla città e dal quale si produce la grande area verde del Parco Caserta (che a sua volta origina un antico torrente oggi regimentato da opere sottostradali). Pur non appartenendo alla maglia ortogonale tipica di Reggio Calabria, il Distretto è molto interessante ai fini analitici e di applicazione simulativa.

La maglia urbana è riferibile al tipo misto lineare in quanto il fronte degli edifici è disposto al bordo degli assi stradali e sfrangiato poiché la particolare clivometria non ha consentito forme di impianti regolari. Sviluppato sulle forti demarcazioni delle curve di livello che costituiscono il carattere distintivo della parte est della città, mostra comunque una significativa densità edilizia tale da essere un vero e proprio “grande quartiere” insieme alle due altre alte colline (anch’esse densamente edificate, la collina “degli Angeli” e dell’“Eremo”) poste ai suoi lati. Tale piccolo sistema collinare ha costituito uno degli elementi di interesse delle sperimentazioni poiché, la loro altezza e dislivello unita all’esposizione dispiegata verso i quadranti S/SO - O - O/NO conferisce particolare configurazione di dinamica prestazionale e fenomenica. Ad esempio, oltre a essere ovviamente esposto ai venti prevalenti e dominanti, subisce il confluire dei flussi d’aria a causa della conformazione a cucchiaio del sottostante Parco Caserta. Allo stesso modo, l’area del Parco fortemente alberata e ricoperta da elevate percentuali di superficie verde costituisce un serbatoio di evapotraspirazione che a seconda delle stagioni, ore e condizioni generali, assume variabili sia positive che negative (posto che comunque, il Parco è un elemento di alto valore qualitativo).

Pur se la destinazione d’uso vede un’alta percentuale di residenziale, sono presenti sia all’interno del Distretto che ai bordi, degli importanti edifici pubblici come il citato GOM, la Cittadella della Regione Calabria, un altro importante Polo Sanitario privato, tre scuole, un piccolo centro commerciale, nonché alcuni impianti sportivi all’interno del Parco come una grande piscina coperta, una palestra e una pista di pattinaggio dotata di tribune. A questo scenario, si aggiunge un importante svincolo della tangenziale cittadina che fa da cintura al bordo del Distretto.

Ai fini delle analisi climatiche e successive modellazioni, il Distretto mostra alcuni punti identificativi: una forte clivometria a vari dislivelli che spesso instaurano episodi di *pluvial flooding* (con noti e diffusi allagamenti nella sottostante zona di un grande mercato all’aperto); punti critici di disposizione e carico del vento con effetti sulle quinte costruite ai margini del poggio; formazioni di pozze fredde o pseudo-brezze nei periodi sotto riscaldati. È ovvio che tali effetti hanno magnitudo qualitative differenti a seconda i periodi, ma in ogni caso hanno costituito degli indicatori di interesse ai fini degli interventi. Le superfici impermeabili e termicamente “rischiose” sono fortemente mitigate da quelle vegetali presenti nel parco e in alcune strade limitrofe. È comunque innegabile che comunque, i materiali bituminosi, i cementi, la quasi totalità di coperture piane presenti in zona, quindi cospicue percentuali di porzioni trasparenti costituiscono un rateo

a significant building density such as to be a real “big neighbourhood” together with the two other high hills (also densely built, the “degli Angeli “ and the “Eremo”) on its sides. This small hilly system constituted one of the elements of interest of the experimentations because their height and difference in height, together with the exposition deployed towards the S/SO - O - O/NO quadrants, gives a particular configuration of performance and phenomenal dynamics. For example, in addition to being obviously exposed to the prevailing and dominant winds, it also suffers the confluence of airflows due to the spoon shape of the underlying Caserta Park. In the same way, the area of the Park heavily wooded and covered by high percentages of green surface constitutes a reservoir of evapotranspiration which, depending on the seasons, hours and general conditions, assumes both positive and negative variables (since the Park is an element of high-quality value). Although the destination of use sees a high percentage of residential buildings, there are important public buildings both inside the District and on the edges, such as the aforementioned GOM, the Citadel of the Calabria Region, another important private health centre, three schools, a small shopping centre, as well as some sports facilities inside the Park such as a large indoor swimming pool, a gymnasium and a skating rink with stands. In addition to this scenario, there is an important junction of the city ring road that acts

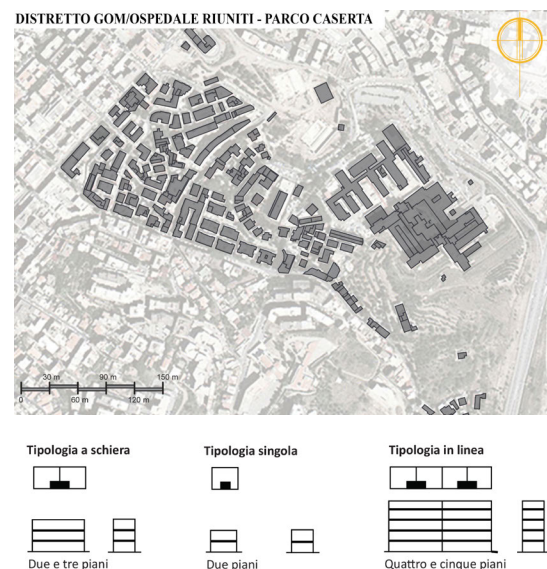


Fig. 9 - GOM-Parco Caserta - Inquadramento territoriale e analisi della tipologia edilizia / GOM-Caserta Park - Territorial classification and analysis of the building typology (Source: Authors’ elaboration).

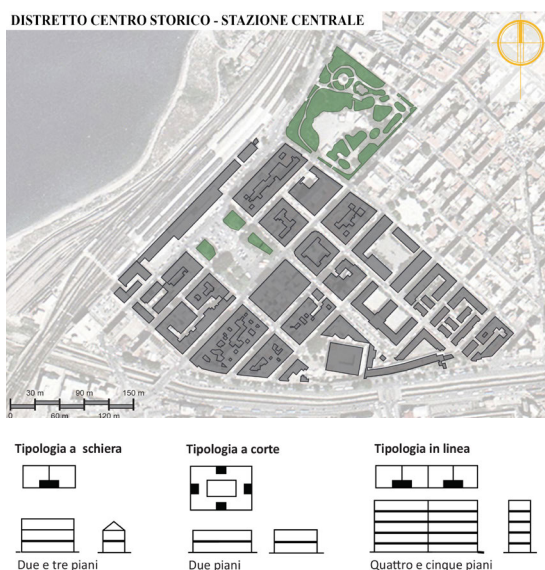


Fig. 10 - Centro Storico-Stazione Centrale - Inquadramento territoriale e analisi della tipologia edilizia / Historical Center-Central Station - Territorial classification and analysis of the building typology (Source: Authors' elaboration).

as a belt at the edge of the District. For climate analysis and subsequent modelling, the District shows some identification points: a strong clivometry at various height differences that often lead to episodes of pluvial flooding (with well-known and widespread flooding in the area below a large open-air market); critical points of wind load and arrangement with effects on the backstage built at the edge of the hillock; formations of cold or pseudo-weather puddles in periods under heating.

It is obvious that these effects have different qualitative magnitudes according to the periods, but in any case, they have constituted indices of interest for the interventions. The vegetation present strongly mitigates the impermeable and thermally "risky" surfaces in the park and some neighbouring roads. It is undeniable, however, that bituminous materials, types of cement, almost all flat roofs present in the area, and therefore considerable percentages of transparent portions, constitute an admittedly high material rate. To this, it should be added, the strong contribution of the external units of the large heating systems, the vast service parking area at the hospital and the Regional Palace nearby; these elements constitute risk factors highlighted by the simulations during unfavourable periods.

materico ammettente di sicuro tenore. A questo, va aggiunto, il forte contributo delle unità esterne dei grandi impianti termici, la vasta area di parcheggio di servizio all'ospedale e al Palazzo della Regione nei paraggi; elementi questi, che costituiscono dei fattori di rischio messi in evidenza dalle simulazioni nei periodi sfavorevoli.

Centro Storico-Stazione Centrale

L'ultimo Distretto urbano omogeneo preso in esame è una zona del Centro Storico, connotata dalle Stazione Centrale della città. L'assetto dell'impianto, come per Santa Caterina è riferibile alla maglia ortogonale del Piano di ricostruzione del 1910. Pur se oggetto di successive azioni di demolizione delle preesistenze (soprattutto negli anni '50-'60) e ricostruzione di edifici in linea compatti pluripiano, sempre comunque al di sotto dei sei piani per via delle norme sismiche, il Distretto mantiene comunque discreti caratteri di riconoscibilità delle matrici originarie.

L'eterogeneità dei tipi si riflette sulle differenze delle altezze dei fronti, creando delle condizioni climatiche particolari, considerando viepiù la leggera pendenza verso il lato S/SE. Gli elementi connotanti del Distretto connessi ai funzionamenti dei flussi, si individuano con: a) il lungo fronte della Stazione Centrale della città (un complesso di edifici di altezza contenuta e di notevole pregio storico, e con una vasta area impegnata dai binari direttamente prospiciente la linea di costa) rivolto a NO; b) la grande piazza a essa antistante; c) i giardini pubblici della città sul limite nord del Distretto; d) un nodo di viabilità primaria collegato alla tangenziale, realizzato sugli argini di uno storico "limite" fisico costituito dalla "fumara Calopinace" posta a sud. A questo assetto si aggiungono delle tipologie edilizie di uso pubblico che (oltre la Stazione), hanno un peso non indifferente nelle dinamiche del microclima locale ovvero: un grande plesso scolastico, la Questura centrale, il Tribunale minorile, un Distretto militare. I materiali di superficie, salvo le alberature della piazza Garibaldi (Stazione), di quelle sporadiche rimaste sugli argini e quelle dei giardini pubblici (poste comunque al limite nord del Distretto), si riferiscono alle serie artificiali degli asfalti, dei cementi e lapidei in genere, amplificati dalle infrastrutture di comunicazione come i binari e la bretella di collegamento alla tangenziale.

Questo scenario di assetto fisico e geomorfologico, posto in relazione con il microclima prevalente della zona ha mostrato delle dinamiche alquanto uniformi anche nelle stagioni opposte determinando interessanti risultati di simulazione prestazionale. In linea di massima, per il tema delle bombe d'acqua il Distretto, paradossalmente, "soffre" della presenza dell'asta torrentizia che essendo stata "steccata e vascata" ha elevato il livello determinando un evidente piano di raccolta che confluisce nella zona a valle dei giardini pubblici, costantemente allagato durante gli episodi a forte pluviometria. Dal versante del rischio di isola di calore e ondata di calore, anche qui, il rischio di insorgenza (con alti valori però) è alquanto bassa poiché il basso profilo della stazione sul fronte nord, la piazza antistante e l'arteria stradale a sud, fa sì che si crei un effetto sifone che "irraggia" sostenuti movimenti d'aria sul Distretto. Questo ovviamente, ricevendo le masse d'aria da Maestrale e Tramontana, quindi da Scirocco, offre alternativamente condizioni di comfort o discomfort in relazione ai periodi stagionali o di alternanza climatica.

6.3 STRUMENTI DI INDAGINE APPLICATA: SIMULAZIONI MODEL-LATE E TESTING AVANZATO*

6.3.1 Le simulazioni per i modelli di funzionamento climatico dei Distretti individuati nella Città di Reggio Calabria

Sulla base delle analisi tipologiche effettuate e seguendo gli indicatori di riferimento su riportati sono state sviluppate simulazioni attraverso software - e nella fase successiva di *testing* in laboratorio - per analizzare il comportamento degli edifici sollecitati da fenomeni di *climate change*. Individuati in larga misura alle isole e ondate di calore, ai fenomeni pluviometrici estremi come le bombe d'acqua, ai "micro-tifoni", questi ultimi si formano in modo sempre più frequente nelle zone costiere del Mar Mediterraneo, tanto da essere ormai una categoria catalogata come "*Mediterranean Hurricane*", conosciuti quindi come "*Medicane*".

Per ogni ambito urbano è stato individuato l'assetto di riferimento ed è stata sviluppata una analisi dei Distretti a iniziare dalle indagini su flussi e consumi energetici.

Con un secondo gruppo di simulazioni è stato possibile mettere a sistema la relazione tra condizioni microclimatiche, aspetti materici degli involucri e assetti urbani attraverso l'applicazione di software di modellazione che hanno reso possibile la simulazione delle dinamiche di fenomenologia e funzionamento climatico tale da rendere possibile lo studio delle interdipendenze o comprensione delle differenti azioni di "innesco" e di "passività".

Nel complesso questi assetti risultano essere costituiti da edifici energivori con l'assenza di materiali isolanti per le chiusure opache orizzontali e verticali e con un'alta trasmittanza delle chiusure trasparenti che varia dai 4,9 W/mqK ai 3,7 W/mqK. Inoltre, le principali fonti energetiche utilizzate sono quelle generate da fonti fossili e gas naturale per il riscaldamento delle abitazioni.

Sulla base di queste analisi, infatti, è possibile individuare gli interventi migliorativi sull'involucro che rispondano in maniera resiliente abbassando il consumo energetico degli edifici, in generale, e di quelli analizzati in particolare.

Una volta analizzati gli ambiti urbani omogenei, sono stati individuati i principali indicatori di riferimento per le simulazioni.

Queste sono avvenute attraverso gli indicatori Concerto e i *software* ENVI-met4 e Autodesk Flow Design, sistemi con i quali è possibile simulare il comportamento microclimatico ed energetico su scala edilizia al fine di promuovere l'integrazione di misure di efficienza energetica e sistemi di energia rinnovabile per incoraggiare lo sviluppo di "città resilienti e adattive" attraverso l'implementazione di tecnologie innovative, volte a contribuire alle sfide per la lotta al cambiamento climatico.

Di seguito si riportano le principali rilevazioni tematiche puntuali e diffuse finalizzate alle simulazioni modellate effettuate sui Distretti in precedenza scelti.

Per le simulazioni termiche sono state valutate condizioni climatiche ricavate attraverso la media dei valori climatici annuali e allo studio materico effettuato e sopra riportato, superficie asfaltata, aree verdi e alberature, analizzando il comportamento degli edifici e verificandone la temperatura dell'aria esterna in relazione proprio ai materiali utilizzati.

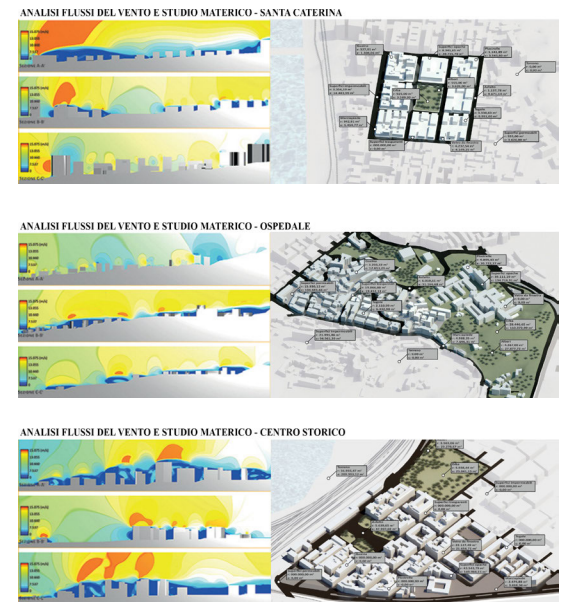


Fig. 11 - Analisi dei flussi del vento e studio materico / *Wind flow analysis and material study* (Source: Authors' elaboration).

Historical Centre-Central Station

The last homogeneous urban District examined is an area of the Historical Centre, characterized by the Central Station of the city. The layout of the plant, as in the case of Santa Caterina, is referable to the orthogonal mesh of the Reconstruction Plan of 1910. Although it was the subject of subsequent demolition work on the pre-existing buildings (especially in the 1950s and 1960s) and reconstruction of compact multi-story buildings in line, always below six floors due to seismic regulations, the District still retains discreet characteristics of recognisability of the original matrixes. The heterogeneity of the types is reflected in the differences in the heights of the fronts, creating particular climatic conditions, considering the slight slope towards the S/SE side. The distinguishing features of the District connected to the functioning of the flows are: the long front of the city's central station (a complex of buildings of limited height and considerable historical value, and with a vast area engaged by the tracks directly facing the coastline) facing NO; the large square in front of it; the city's public gardens on the Northern edge of the District; a primary road junction connected to the ring road, built on the banks of a historic physical "limit" consisting of the "Calopinace river" located to the South.

In addition to this structure, there are also some types of public buildings that (beyond the Station) have a significant weight in the dynamics of the local microclimate: a large scho-

* Testo di Martino Milardi, Mariateresa Mandaglio e Caterina Claudia Musarella.

of plexus, the Central Police Headquarters, the Juvenile Court and a Military District. The surface materials, except for the trees in Piazza Garibaldi (Station), the sporadic ones left on the embankments and those in the public gardens (located at the Northern edge of the District), refer to the artificial series of asphalts, types of cement and stones in general, amplified by the communication infrastructures such as the tracks and the link road to the ring road. This scenario of physical and geomorphological structure, about the prevailing microclimate of the area, has shown uniform dynamics even in the opposite seasons, determining interesting performance simulation results. For the theme of water bombs the District, paradoxically, “suffers” from the presence of the torrential torrent pole, which, having been “battered and watered down”, has raised the level determining an evident collection plan that flows into the area downstream of the public gardens, constantly flooded during episodes of heavy rainfall. On the side of the risk of heat island and heatwave, here too, the risk of onset (with high values, however) is rather low because of the low profile of the station on the front. North, the square in front of it and the street artery to the South, create a siphon effect that “radiates” sustained air movements over the District. This, of course, by receiving the air masses from Mistral and North wind, therefore from Sirocco, offers alternating conditions of comfort or discomfort concerning seasonal periods or climatic alternation.

6.3 APPLIED INVESTIGATION TOOLS: MODELLED SIMULATIONS AND ADVANCED TESTING*

6.3.1 The simulations for the climatic functioning models of the Districts identified in the city of Reggio Calabria

Based on the typological analyses carried out and following the reference indices shown above, software simulations have been developed - and in the subsequent laboratory-testing phase - to analyse the behaviour of buildings stressed by climate change phenomena. Identified largely to islands and heatwaves, to extreme rainfall phenomena such as water bombs, to “microphones”, the latter is formed more and more frequently in the coastal areas of the Mediterranean Sea, to be now a category catalogued as “Mediterranean Hurricane”, therefore known as “Medicane”.

For each urban area, the reference structure has been identified, and an analysis of the Districts has been developed, starting with surveys on energy flows and consumption. With

* Text by Martino Milardi, Mariateresa Mandaglio and Caterina Claudia Musarella.

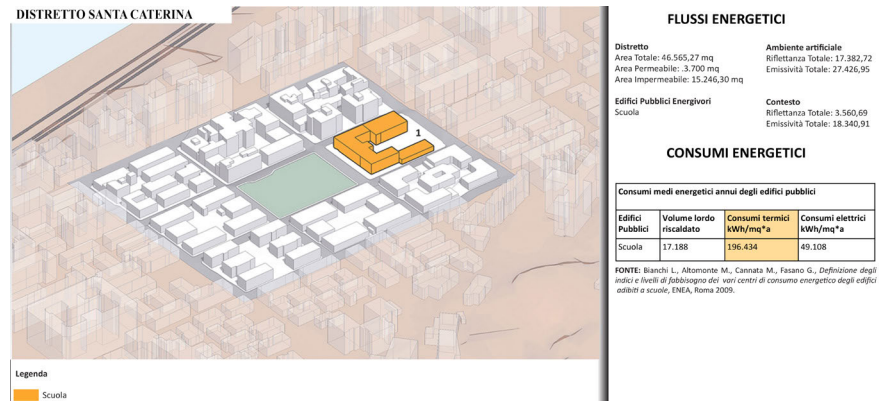


Fig. 12 - Santa Caterina: Analisi dei flussi e consumi energetici / Santa Caterina: Analysis of energy flows and consumption (Source: Authors' elaboration).

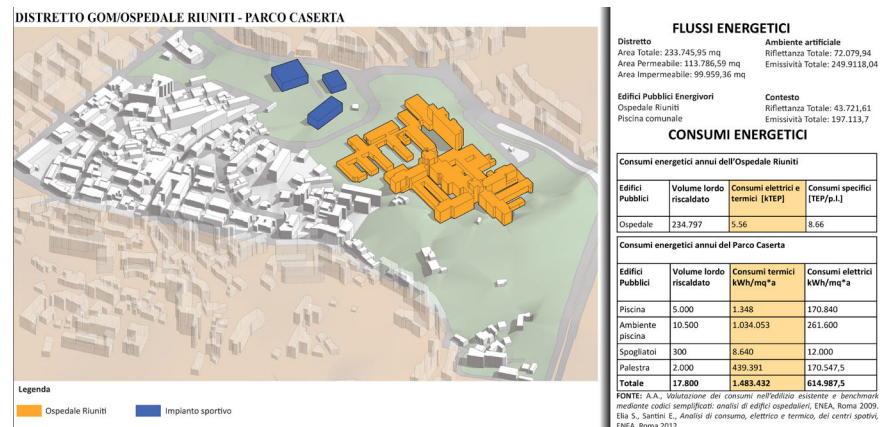


Fig. 13 - GOM-Parco Caserta: Analisi dei flussi e consumi energetici / GOM-Caserta Park: Analysis of energy flows and consumption (Source: Authors' elaboration).

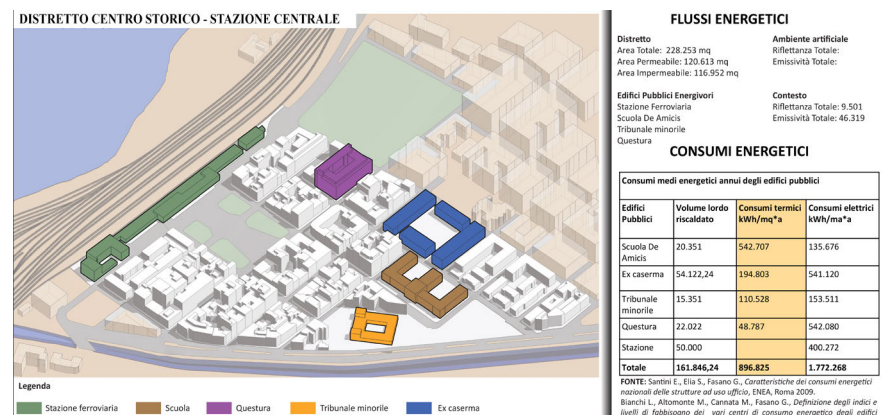


Fig. 14 - Centro Storico-Stazione Centrale: Analisi dei flussi e consumi energetici / Historical Centre-Central Station: Analysis of energy flows and consumption (Source: Authors' elaboration).

Di seguito si riporta il caso esemplificativo del quartiere di Santa Caterina, del quale si rendono noti i seguenti valori riscontrati dalla simulazione.

Dai dati rilevati si evince che, in una situazione di assetto omogeneo regolare e alta densità edilizia, i valori di temperatura riscontrati a un livello più basso risultano maggiori anche se si ha l'ombreggiamento dovuto agli edifici. Questo dipende sia dalla maggiore percentuale di tipologia di materiale riscontrato, di seguito riportato, che dal flusso di vento presente all'interno dell'ambito analizzato. I risultati delle simulazioni termiche, infatti, mostrano valori di temperatura più

| SIMULAZIONE | 01 - h = 3.00m | | 02 - h = 9.00m | | 03 - h = 15.00m | | 04 - h = 21.00m | |
|-------------------------------|----------------|-------|----------------|-------|-----------------|-------|-----------------|-------|
| | Tmax | Tmin | Tmax | Tmin | Tmax | Tmin | Tmax | Tmin |
| SANTA CATERINA Stato di Fatto | 28,96 | 19,85 | 28,9 | 28,08 | 28,9 | 19,88 | 28,9 | 19,88 |

Tab. 2. Valori di simulazione / Simulation values (Source: Authors' elaboration)

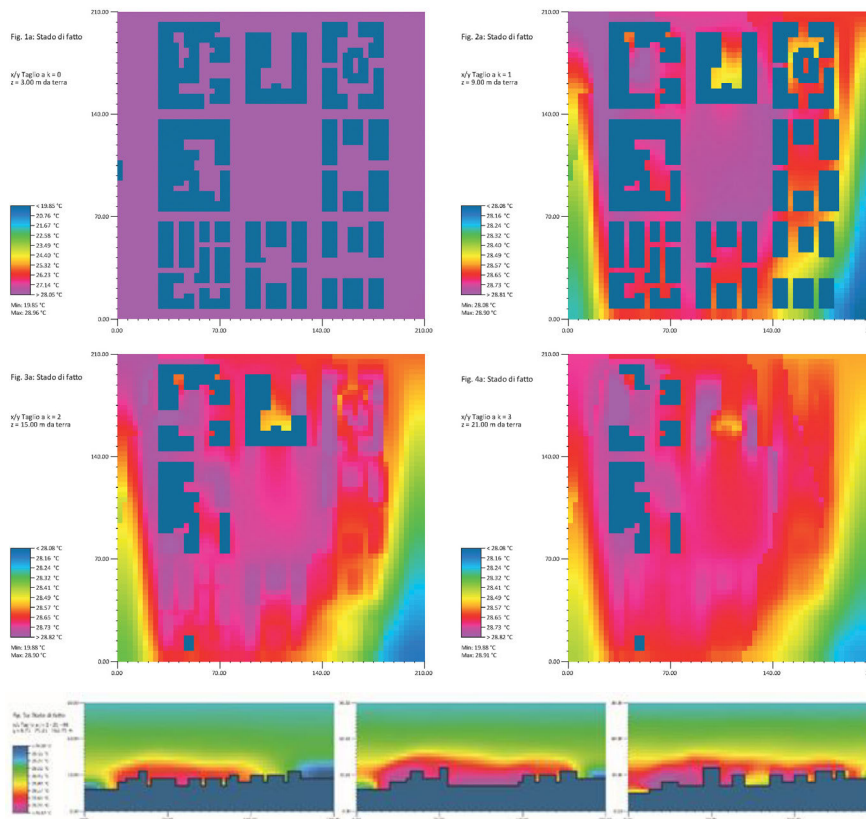


Fig. 15 - Simulazione di irraggiamento a differenti temperature in relazione ai materiali utilizzati sul Distretto Santa Caterina. Programma utilizzato: ENVI-met4. Dati: Temp. min °C; Temp. max °C; Hum. min %; Hum. max %; Wind sp. m/s; Wind. dir. / Simulation of irradiance at different temperatures in relation to materials used on the District Santa Caterina. Program used: ENVI-met4. (Source: Authors' elaboration).

the second group of simulations, it was possible to systematize the relationship between microclimatic conditions, material aspects of envelopes and urban layouts through the application of modelling software that made it possible to simulate the dynamics of climatic phenomenology and to function in such a way as to make it possible to study the interdependencies or understand the different actions of "triggering" and "passivity".

Overall, these structures are made up of energy-efficient buildings with the absence of insulating materials for horizontal and vertical opaque closures and with high transmittance of transparent closures ranging from 4.9 W/sqmK to 3.7 W/sqmK.

Moreover, the main energy sources used are those generated by fossil fuels and natural gas for heating homes. Based on these analyses, in fact, it is possible to identify improvements to the envelope that respond resiliently by lowering the

| AREE VERDI | Erba | Alberi |
|-------------|-------------------------|-------------------------|
| Area | 3.700,00 m ² | 3.700,00 m ² |
| Riflettanza | 925,00 m ² | 555,00 m ² |
| Emissività | 3.589,00 m ² | 3.626,00 m ² |

| COPERTURE | Falde | Pavimentata | Catrame |
|-------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Area | 11.102,11 m ² | 3.937,55 m ² | 1.635,07 m ² |
| Riflettanza | 3.330,63 m ² | 1.141,89 m ² | 327,01 m ² |
| Emissività | 9.991,90 m ² | 3.543,80 m ² | 1.308,06 m ² |

| EDIFICATO | Edificato | Sup. Opaca | Sup. Traspar. |
|-------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|
| Area | 16.378,22 m ² | 30.898,69 m ² | 4.414,10 m ² |
| Riflettanza | | 8.345,65 m ² | 4.237,54 m ² |
| Emissività | | 28.735,78 m ² | 4.149,25 m ² |

| PERTINENZE | Marciapiede | Strada |
|-------------|-------------------------|--------------------------|
| Area | 2.694,02 m ² | 11.377,81 m ² |
| Riflettanza | 942,91 m ² | 1.137,78 m ² |
| Emissività | 1.454,77 m ² | 9.671,14 m ² |

| SITO | Lotto | Sup. Perm. | Sup. Imp. |
|-------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------|
| Area | 46.565,27 m ² | 3.700,00 m ² | 15.246,30 m ² |
| Riflettanza | | 555,00 m ² | 3.354,19 m ² |
| Emissività | | 3.626,00 m ² | 14.483,99 m ² |

Fig. 16. Valori di riflettanza ed emissività in relazione alle aree pertinenti / Reflectance and emissivity values in relationship to relevant areas (Source: Authors' elaboration).

energy consumption of buildings in general and those analysed in particular:

Once the homogeneous urban areas had been analysed, the main reference indices for the simulations were identified. These were carried out through the Concerto indices and the ENVI-met4 and Autodesk Flow Design software, systems with which it is possible to simulate microclimatic and energy behavior on a building scale in order to promote the integration of energy efficiency measures and renewable energy systems to encourage

elevati in corrispondenza delle aree maggiormente asfaltate e valori di temperatura più bassi nelle zone con maggiore presenza di alberature.

Al fine di supportare le azioni di confronto, si prosegue allo stesso modo con la simulazione del vento ipotizzando una velocità del vento pari a 18 m/s (64,8 km/h) con direzione SO su due differenti assetti e con altezze di edifici diverse, uno più regolare e basso, l'altro più alto e irregolare. Da queste simulazioni si evince che in un assetto più irregolare il vento tende a incanalarsi più facilmente sviluppando piccoli vortici a differenza di un assetto più compatto che tende a essere più lineare e a liberarsi negli spazi aperti, come piazze, parcheggi.



Fig. 17 - Simulazione Modellata dell'andamento dei venti prevalenti sul Distretto GOM/Parco Caserta. / Modeled simulation of winds in the GOM/ Park Caserta District. (Source: Authors' elaboration).

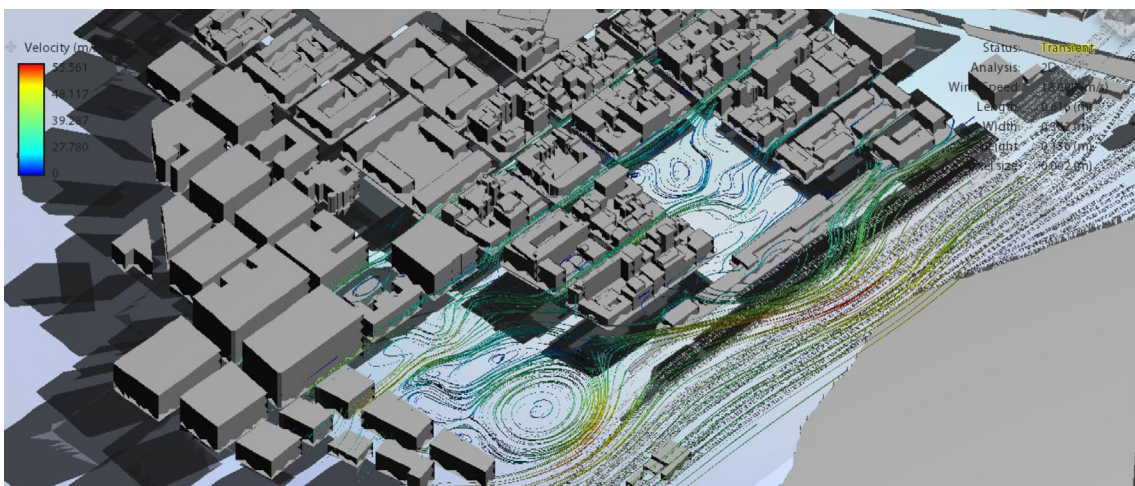


Fig. 18 - Simulazione Modellata dell'andamento dei venti prevalenti sul Distretto Centro Storico - Stazione. / Modeled simulation of winds in the Historical centre-Station (Source: Authors' elaboration).

6.4 LE AZIONI DI TESTING PER LA VALUTAZIONE DEI FENOMENI CLIMATICI ESTREMI RIPRODOTTI SU MODELLI DI INVOLUCRO RICONDUCEBILI ALLE PARTIZIONI VERTICALI DI ASSETTI RICORRENTI. ALCUNE ESPERIENZE AL TCLab DEL BFL*

Al sopra illustrato scenario di rilievo, di *input* statistico, valutazione, modellazione dei dati e simulazione dei fenomeni applicate ai tre Distretti urbani scelti in precedenza (così come enunciato in premessa da obiettivi e assunti metodologici) si è affiancata una intensa e articolata attività di sperimentazione sul campo. In sintesi, la fase qui trattata ha riguardato lo studio “dal vero” del comportamento degli edifici - sollecitati dalla riproduzione di fenomeni di *climate change* - attraverso attività sperimentali e azioni di *testing* su modelli di prova in scala reale, detti *mock-up*.

Questa fase si è resa possibile attraverso la disponibilità di un Laboratorio di *testing* avanzato di particolare significato scientifico di cui può disporre la RU ovvero, come sopra detto, il Laboratorio di Ricerca permanente BFL (Building Future Lab), in uso al dArTe (Dipartimento di Architettura e Territorio) dell’Università Mediterranea di Reggio Calabria e finanziato da un Bando PON “Ricerca & Competitività” 2007-2013.

Il BFL permette lo svolgimento di generali attività di ricerca in linea con le richieste di innovazione tecnologica in architettura e nel settore delle costruzioni si articola in differenti sezioni di lavoro con precise specificità, ovvero le sezioni: *Mat&Com* (caratterizzazioni materiche), *Dimora* (rilievo e modellazione), *MobiLab* (diagnostica ambientale), *Noel* (costruzioni in acqua ed energie da moto ondoso) e il *TCLab*.

In particolare la Sezione TCLab, per le cui caratteristiche si rimanda al box che segue, rappresenta una riconosciuta *best practice* di innovazione tecnologica per il *Testing Avanzato* finalizzato alla riproduzione fenomenica e alla valutazione prestazionale degli involucri edilizi; offre servizi di certificazione e sperimentazione nel settore delle costruzioni basati su attività di Prova e *Testing* che vengono attuati secondo protocolli normati, in larga misura delle serie europee UNI/EN e statunitensi ASTM e AAMA, nonché la costruzione e sviluppo di ciclogrammi sperimentali *ad hoc*¹¹.

In linea di massima, il complesso delle attività sperimentali si sono basate sulla riproduzione in laboratorio di un “assetto urbano” - in particolare, il più rappresentativo tra quelli considerati in matrice - al fine di approfondire le indagini previste dall’articolazione metodologica, quindi, osservare, misurare e valutare il comportamento di differenti soluzioni di involucro sottoposti a fenomeni di *stress*

* Testo di Martino Milardi, Mariateresa Mandaglio e Caterina Claudia Musarella.

¹¹ Dal dicembre del 2019 il TCLab ha ottenuto la Certificazione di Qualità ISO 9001-2015 per il Campo di Applicazione: *Attività di sperimentazione, ricerca e certificazione sugli involucri edilizi*. (IAF 34. N° IT296047-1). Inoltre, da ottobre 2020, fa parte di un partenariato di 38 Centri di Ricerca europei che ha avuto accesso ai finanziamenti di un Bando Horizon 2020, con il Progetto “*METABUILDING LABS*” *METAclustered, SME-oriented European Open Innovation Test Bed for the BUILDING envelope materials industrial sector using a harmonised and upgraded technical framework and living LABS*, che vede come Capofila la francese NOBATEK INEF4.

the development of adaptive and resilient cities through the implementation of innovative technologies, aimed at contributing to the challenges for the fight against climate change.

Below are the main thematic surveys aimed at modelled simulations carried out on previously selected Districts. For the thermal simulations, climatic conditions were evaluated using the average of the annual climatic values and the material study carried out and reported above, asphalt surface, green areas and trees, analysing the behaviour of the buildings and verifying the external air temperature concerning the materials used.

Below is an illustrative case of the Santa Caterina District, of which the following values found by the simulation are reported. From the data collected it can be seen that, in a situation of homogeneous regular layout and high building density, the temperature values found at a lower level are higher even if there is shading due to the buildings. This depends both on the higher percentage of the type of material found, shown below, and on the wind flow within the analysed area.

The results of thermal simulations, in fact, show higher temperature values in correspondence of the most asphalted areas



Fig. 19 - Il TCLab durante il premontaggio di un *mock-up* / The TCLab during the pre-assembly of a *mock-up* (Source: Authors’ elaboration).

and lower temperature values in the areas with the greatest presence of trees. In order to provide a support for the comparison actions, we continue in the same way with the wind simulation by assuming a wind speed of 18 m/s (64.8 km/h) with SW direction on two different structures and with different building heights, one more regular and lower, the other higher and irregular.

From these simulations, it is apparent that in a more irregular arrangement the wind tends to channel itself more easily developing small vortices, unlike a more compact arrangement that tends to be more linear and to free itself in open spaces, such as squares, car parks.

6.4 TESTING ACTIONS FOR THE EVALUATION OF EXTREME CLIMATIC PHENOMENA REPRODUCED ON ENVELOPE MODELS TRACEABLE TO VERTICAL PARTITIONS OF RECURRING STRUCTURES. EXPERIENCES AT THE BFL TCLab*

The scenario of the survey, data input, evaluation, data modeling and simulation of the phenomena applied to the three selected urban Districts (as stated in the introduction of goals and methodological assumptions) was accompanied by an intense and articulated field experimentation activity. In summary, in the present phase of this inquiry the study on the “from life” of the building’s behavior was conducted - stimulated by the reproduction of climate change phenomena - through experimental activities and testing actions on full-scale test models, called mock-ups.

This phase of the study has been successfully accomplished thanks to the availability of an advanced and scientifically significant testing laboratory of RU or, as mentioned above, the permanent Research Laboratory BFL (Building Future Lab), of dArTe (Department of Architecture and Territory) in the Mediterranean University located in Reggio Calabria and funded by a PON Call “Research & Competitiveness” 2007-2013.

The BFL provide the appropriate ground for carrying out the general research activities in line with the demands of technological innovation in architecture and the construction sector is divided into different work sections with precise specifications, namely: Mat&Com (material characterizations), Dimora (survey and modelling), MobiLab (environmental diagnostics), Noel (constructions in water and wave energy) and the TCLab. In particular, the TCLab Section, whose characteristics are described below, represents a recognized best practice of

* Text by Martino Milardi, Mariateresa Mandaglio and Caterina Claudia Musarella.

climatico. Pertanto, una volta verificate tutte le opzioni e le congruenze di luoghi e attrezzature, si sono approntate le strategie di campo al fine di sviluppare i ciclogrammi di test finalizzati al perseguimento degli obiettivi di ricerca. I suddetti ciclogrammi sono stati effettuati secondo due modalità:

- applicando i “*method statement*” dettati dalle norme relative alla misurazione dei fenomeni, quindi secondo *step* rigorosi ed eventualmente certificabili;
- attraverso azioni di carattere prettamente sperimentale, per cui condotti tramite le canoniche modalità di ricerca e sviluppo.

In particolare, si sono avviate azioni comparative tra differenti configurazioni tipo-tecnologiche, per cui ci si è indirizzati verso la scelta di testare due tipologie di facciata, valutate in relazione allo sviluppo dell’isola di calore, di ondate di calore e sollecitazioni estreme come bombe d’acqua di media e alta intensità unite a forti pressioni del vento, del quale poi si è anche misurato il proprio “carico” di pressione sul sistema strutturale degli edifici.

In via preliminare si è proceduto a ricreare, in laboratorio, le condizioni al contorno che si generano tra edificio e relativo contesto ponendo particolare attenzione alle possibili modalità che configurano il “regime di *climate change* in ambiente urbano”. Pertanto, seguendo le correnti *routine* di scelta tra diversi assetti tecnici, ci si è orientati verso lo sviluppo di test e sperimentazioni su due macro-tipologie di involucri, ovvero, “facciate opache e trasparenti”. Si mette in luce che ai fini delle realizzazioni e configurazioni tecniche, i *mock-up* oggetto di test e valutazione sono stati messi a disposizione da aziende di settore¹² che sono *partner* del Team del TCLab, aspetto particolare che costituisce indubbia testimonianza dell’interesse da parte della produzione verso questi *iter* innovativi.

L’ubicazione geolocale del laboratorio, insieme ai macchinari e attrezzature presenti ha permesso, nei fatti, la riproduzione in loco di differenti tipologie di assetti. La struttura principale, costituita dalla “camera di prova” come descritta nel box che segue, è situata esternamente al laboratorio e prospiciente un grande slargo su fronte aperto, dando la possibilità di interagire direttamente con le condizioni climatiche esterne e offrendo l’opportunità di modellarle in relazione alle necessità ideali richieste. L’assetto urbano di riferimento che è stato preso in considerazione individua uno scenario di contesto per lo più aperto, libero, con esposizione a N-E che per alcune ore permette al sole di “colpire” direttamente la facciata oggetto di test, nei mesi da maggio a settembre. Ai fini delle esplicitazioni delle condizioni di prova e degli elementi che ne hanno permesso lo sviluppo, nel box descrittivo che segue, si illustra in dettaglio la Sezione TCLab.

6.4.1 La sperimentazione

Per la sperimentazione in laboratorio, riferendosi alla matrice prima descritta in metodologia, è stato scelto un assetto spaziale che potendosi assimilare a un edificio connesso a un cortile non presenta “fronti urbani classici” verso l’esterno dell’area, per la sua posizione geografica in altura e “dominante” sugli altri edifici esistenti.

12 Sono stati effettuati accordi di collaborazione con imprese sia nazionali che internazionali mettendo a disposizione provini su cui effettuare test e sperimentazioni. Si segnalano: - ALUK GROUP - Luxembourg; TCK GREEN TECHNOLOGY CO.LIMITED - Taiwan; GLASBILT, New Jersey.

Fenomeni testati e relative procedure.

Sulla camera di prova (assimilabile a un edificio di circa 5 piani) sono stati montati dei *mock-up* sui quali si sono riprodotti i seguenti fenomeni:

1. *Bomba d'acqua - Pluvial flooding:*

- di media intensità e in assenza di vento. Apparecchiatura utilizzata: griglia *sprinkler*;

BOX 1 TCLab FEATURES

The **Test LAB** is a “test chamber”, built according to the operating features established based on the cyclograms (method statement) to be carried out. It consists of a steel framed structure measuring 17 x 12 x 4.50 m, where mock-up of curtain walls (according to UNI definition) or similar elements are mounted on a scale of 1:1 and are tested in according to unified protocols. The TEST Lab is made up of an AAV system (air, in positive and negative pressure up to 6000 Pa, for wind load tests), a 5 floor metal supporting structure, the infill in watertight polyurethane foam sandwich panels, a thermal chamber, seismic and mobile beams “moved” by a hydro-pneumatic unit. There are 8 beams, simulating the slabs of a building, divided into 6 mobile beams (three on each side) and 2 fixed beams (seismic beams, one on each side). The laboratory is designed for internal division between the two chambers so that even just one part of the laboratory can be sealed off and tests can be carried out on several specimens. The maximum size of the test specimen can be 13.80 x 12 m, or approximately 167 square metres for a maximum weight of 170 kg/sqm. The Test Lab is equipped with 50 lasers to measure the frontal deflections during the wind load tests and with a sprinkler system, which aims to generate a uniform film of water on the surface of the specimen with sprays of different intensities, according to the flow rates required by UNI and ASTM standards, and for variable durations. The Test lab also consists of a Thermal Chamber for the simulation of thermal shocks, capable of reaching temperatures between -15 and +85°C and able to simulate solar radiation.

The **Test Cell** is a structure for the thermodynamic characterisation of full-scale building envelope systems, which can be used in a closed or open environment. It consists of three independent units installed on a support platform and managed by a control PC. It is designed for the investigations necessary to calculate the thermal performance of the closures, as indicated by the UNI/TS 11300-1 standard; as well as for the regulatory verification and testing of vertical and horizontal closure components, roofs, window and doorframes, etc. The Cell is also equipped with a “similar Hot-Box” for the evaluation of thermal flows.

Specifically, the three independent units are:

- Fixed half-cell (hot), consisting of an aluminium profile structure supporting a cell made of expanded polystyrene panels. The cell has no front wall in order to be coupled to the sample under test.
- Sample holder, consisting of a steel profile frame and two aluminium profile frames and a guard ring of the thickness of the sample, which can vary from a minimum value of 100 mm to a maximum value of 400 mm;
- Mobile half-cell (cold), unlike the fixed half-cell it is connected to the support platform by means of a frame equipped with 4 wheels with V shaped grooves.

The main tests that can be performed are the measurement of thermal transmittance, the analysis of thermal bridges and the performance of heat insulating paints. Tests are then carried out on the internal fluid-dynamic behaviour due to the different stresses on the model wall(s) that are configured each time.

TCLAB uses equipment, accessories and instrumentation to support the large-scale equipment dedicated to carrying out test cyclograms and experimental tests. In particular:

- UNI fan (~70 Kmh)
- AAMA/ASTM fan (~>200 Kmh)
- AAV pressure fan for wind test (+ -) until 6000 pa
- Mobile sprinkler grid for watertightness tests
- 2 Beams for Seismic testing of non-structural elements (x-y-z axes for 150 mm excursion) + 6 mobile beams
- Drone with thermal camera
- Thermal camera
- Hot wire anemometer
- Accessories and sensors for fluid-dynamic evaluations
- Salt spray chamber (under construction)
- Laser cutter model bench (under construction)

Service equipment:

- Internal crane 4000 kg
- Test Chamber bridge crane 2000 kg
- Telescopic forklift 20m
- Storage, Equipment and Workshop

technological innovation for Advanced Testing which aim at the phenomenal reproduction and performance evaluation of building envelopes; it offers certification and testing services in the construction sector based on Test and Testing activities that are implemented according to standardized protocols, largely of the European UNI/EN and US ASTM and AAMA series, as well as the construction and development of ad hoc¹¹ experimental cyclograms. Generally speaking, all the experimental activities were based on the laboratory reproduction of an “urban layout” - in particular, the most representative among those considered in the matrix - in order to deepen the investigations foreseen by the methodological articulation, therefore, to observe, measure and evaluate the behaviour of different shell solutions subjected to climatic stress phenomena.

Therefore, once all the options and congruencies of locations and equipment had been verified, field strategies were prepared to develop test cycles for pursuing the research goals. These cyclograms were carried out in two ways:

- *applying the “method statement” dictated by the standards relating to the measurement of phenomena, therefore according to rigorous and possibly certifiable steps;*
- *through actions of a purely experimental nature, therefore conducted through the canonical methods of research and development.*

In particular, comparative actions were undertaken between different type-technological configurations, so that the choice was made to test two types of the facade, evaluated concerning the development of the heating island, heatwaves and extreme stresses such as medium and high-intensity water bombs combined with strong wind pressures, whose pressure “load” on the structural system of the buildings was also measured.

As a preliminary step, the boundary conditions generated between the building and its context was recreated under the laboratory condition, paying particular attention to the possi-

11 Since December 2019 TCLab has obtained the ISO 9001-2015 Quality Certification for the Field of Application: Experimentation, research and certification activities on building envelopes. (IAF, 34. N°, IT296047-1). Moreover, since October 2020, it is part of a partnership of 38 European Research Centres that have had access to funding from a Horizon 2020 Call for Proposals, with the “METABUILDING LABS” METAclustered, SME-oriented European Open Innovation Test Bed for the BUILDING envelope materials industrial sector using a harmonised and upgraded technical framework and living LABS, with the French NOBATEK INEF4 as Lead Partner.

Fig. 20 - Box informativo sul TCLab / *TCLab Information Box* (Source: Authors' elaboration).



Fig. 21 - Localizzazione della Cittadella Universitaria, luogo di sperimentazione / Localization of the University Citadel, place of experimentation (Source: Authors' elaboration).



Fig. 22 - Identificazione dell'assetto urbano di riferimento / Identification of Urban asset of reference (Source: Authors' elaboration).

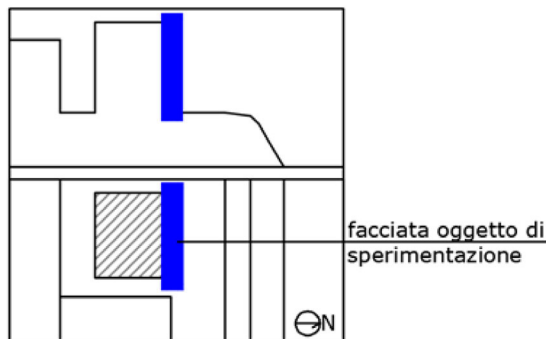


Fig. 23 - Assetto urbano di riferimento / Urban asset of reference (Source: Authors' elaboration).

- di media intensità con presenza di vento. Apparecchiature utilizzate: griglia *sprinkler*; ventilatore UNI¹³ con range 60 km/h; Ventilatore AAV 6.000 con range 300/700 Pa;
 - di forte intensità con presenza di forte vento (*Medicane/Hurricane*). Apparecchiatura utilizzata: griglia *sprinkler* e ventilatore AAMA 180/200 km/h.
2. *Carico e pressione del vento*. Apparecchiatura utilizzata: Ventilatore AAV 6.000 con range 300/4.000 Pa e Ventilatore AAMA range 120/200 km/h.
 3. *Isola e ondata di calore*. Apparecchiatura utilizzata: camera termica con range T° 20/80°C.

La procedura individuata per la sperimentazione secondo lo svolgimento dei seguenti test:

1. *Bomba d'acqua - Pluvial flooding*: sperimentazione effettuata attraverso la riproduzione della pioggia costante, direttamente sulla facciata. Questa sperimentazione è stata effettuata riproducendo il fenomeno in tre differenti modi:
 - simulazione del getto di acqua in condizioni di assenza del vento attraverso *sprinkler*, calibrati al fine di spruzzare una quantità costante e uniforme di acqua sulla superficie esterna della facciata.
 - simulazione del getto di acqua in condizioni di presenza di vento attraverso *sprinkler*, calibrati al fine di spruzzare una quantità costante e uniforme di acqua sulla superficie esterna della facciata mentre la stessa subisce una leggera pressione costante che simula la pressione del vento.
 - simulazione del getto di acqua in condizioni di vento estremo (simulazione *medicane e hurricane*) attraverso *sprinkler* calibrati al fine di spruzzare una quantità costante e uniforme di acqua sulla superficie esterna della facciata mentre la stessa è sottoposta a un flusso di vento riprodotto attraverso un ventilatore che arriva a simulare la potenza di un uragano e che dirige il flusso d'aria verso la superficie esterna della facciata.
2. *Carico e pressione del vento* (a differenti intensità e direzioni): sperimentazione effettuata attraverso la riproduzione del flusso di vento al fine di verificare il comportamento della facciata che subisce una forte pressione. Questa sperimentazione è stata effettuata riproducendo il vento in due differenti modi:
 - sottoponendo la facciata al flusso di vento attraverso un ventilatore che arriva a simulare la potenza di un uragano e che dirige il flusso d'aria verso la superficie esterna della facciata.
 - applicando sulla facciata una pressione costante al fine di individuare il comportamento anche delle connessioni e dei materiali di rivestimento della facciata.
3. *Isola e ondata di calore*: sperimentazione effettuata attraverso la riproduzione di temperature elevate riproducibili tramite la camera termica.

Attività di sperimentazione 1

- Oggetto della sperimentazione: facciata trasparente.
- La facciata oggetto di sperimentazione è un *curtain wall* con montanti e traversi in alluminio (*stickwall system*) e con due finestre, una con una apertura a *vasistas* e l'altra a sporgere.
- Assetto urbano di riferimento

13 Si rimanda ai report di ricerca il dato dei risultati qui non illustrati poiché sono più rappresentativi quelli del ventilatore AAMA 180/200 km/h.

L'assetto individuato è caratterizzato da una posizione geografica rialzata e con un blocco di edifici posto a sud, una torre a est e il versante nord e ovest libero, come riportato nello schema su individuato.

Nello specifico si studia e analizza il comportamento della facciata esposta a nord in condizioni climatiche svantaggiate, pertanto si prosegue con il montaggio della facciata oggetto di sperimentazione sul prospetto interessato.

- Simulazioni e sperimentazioni

Il *mock-up* è costituito da una facciata continua in alluminio a montanti e trasversali (*stick wall system*), contenente n. 2 apribili (superiore a sporgere, inferiore ad anta-ribalta). Le prove sono state condotte in conformità agli *American Standards AAMA* e *ASTM*, ovvero secondo il seguente ciclogramma e obiettivi: valutazione prestazionale relativamente ad apertura/chiusura, precarico, permeabilità all'aria, tenuta all'acqua sotto pressione statica, tenuta all'acqua in condizioni dinamiche, prestazione strutturale, cicli termici *racking test* e crescendo test di un campione di facciata della serie SL50 di dimensioni 6.025x8.820 mm, contenente n. 2 apribili (inferiore ad anta-ribalta, superiore a sporgere).

Bomba d'acqua di media intensità e in assenza di vento (Rif. dizione norma: *Tenuta all'acqua sotto pressione statica*)

La prova è stata eseguita in conformità alla norma ASTM E 331-00 (2009), ovvero secondo il seguente ciclogramma e obiettivi: la prova si è svolta erogando una quantità d'acqua costante e uniforme sulla superficie esterna del campione e nella contemporanea applicazione di una pressione positiva di prova a condizioni di seguito definite, durante la quale sono registrate eventuali infiltrazioni di acqua. L'erogazione è stata eseguita alla pressione statica di 15 lbf/ft² (*pounds per squarefoot*), 720 Pa per un tempo pari a 15 minuti. Il quantitativo di acqua, impostato in totale pari a 5 US *gallons per squarefoot in an hour* (= 3,4 l/min m²), è stato proiettato con riferimento al metodo riportato nella norma ASTM E 331-00 (2009), con dispositivo di innaffiamento costituito da una rete a maglia quadra di ugelli posizionati su piano orizzontale parallelo al piano del provino.

Bomba d'Acqua di media intensità con presenza di vento (Rif. dizione norma: *Tenuta all'acqua in condizioni dinamiche*)

La prova è stata eseguita in conformità alla norma AAMA 501.1-05-00 (2007), secondo il seguente ciclogramma e obiettivi: la prova si è svolta erogando una quantità d'acqua costante e uniforme sulla superficie esterna del campione e nella contemporanea applicazione di una pressione dinamica, durante la quale sono registrate eventuali infiltrazioni di acqua.

La prova è stata condotta applicando sul campione per 15 minuti di una pressione dinamica pari a 31,5 lbf/ft² (*pounds per squarefoot*), 1.508 Pa e una quantità d'acqua pari a 5 US *gallons per squarefoot in an hour* (= 3,4 l/min m²) è stato proiettato per mezzo di un dispositivo di innaffiamento costituito da una rete a maglia quadra di ugelli posizionati su piano orizzontale parallelo al piano del provino.

Carico e pressione del vento (Rif. dizione norma: *Carico strutturale*)

La prova è stata eseguita in conformità alle norme ASTM E 330-02 (2010), secondo il seguente ciclogramma e obiettivi: la prova si è svolta applicando una

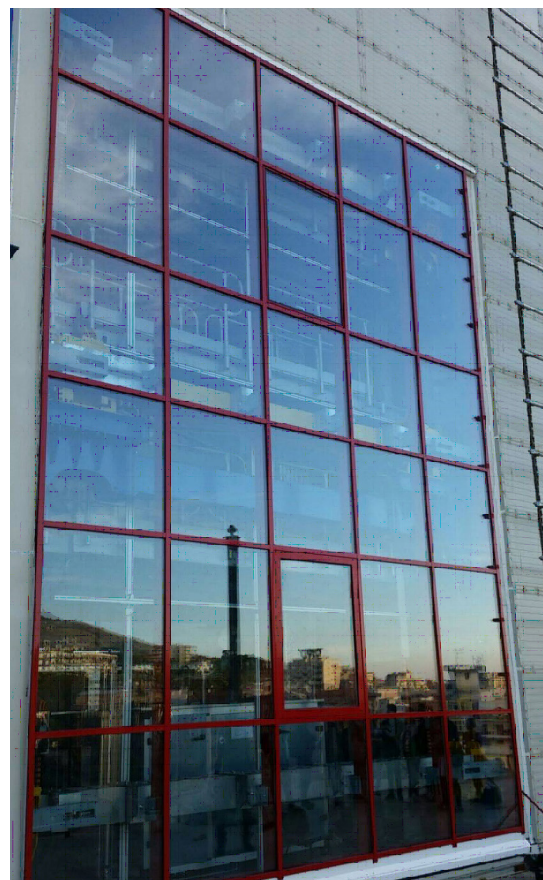


Fig. 24 - Campione sottoposto a prova nell'assetto sperimentale: Full Scale Mock-Up / Sample tested in the experimental setup: Full Scale Mock-Up (Source: Authors' elaboration).

ble modalities that configure the "climate change regime in the urban environment". Therefore, following the current routines of choice between different technical structures, the development of tests and experimentations on two macro-types of envelopes i.e., "opaque and transparent facades" was undertaken.

It should be pointed out that for the technical constructions and configurations, the mock-ups subjected to testing and evaluation were made available by companies in the sector¹²

¹² Collaboration agreements have been made with both national and international companies, making tests and trials available. These are worth mentioning: ALUK GROUP - Luxembourg; TCK GREEN TECHNOLOGY CO.LIMITED - Taiwan; GLASBILT, New Jersey.

that are partners of the TCLab Team, a particular aspect that is undoubted evidence of the interest on the part of production towards these innovative procedures.

The geological location of the laboratory, together with the available machinery and equipment has allowed the on-site reproduction of different types of structures. The main structure, consisting of the “test chamber” as described in the box below, is located outside the laboratory and overlooks a large open frontage, give the possibility to interact directly with external climatic conditions and offer the opportunity to model them about the ideal needs

The reference urban layout that has been taken into consideration identifies a context scenario that is mostly open, free, with exposure to the North-East allows the sun to “hit” the facade being tested directly, for a few hours in the months from May to September. In order to explain the test conditions and the elements that allowed its development, in the following descriptive box, the TCLab Section is illustrated in detail.

6.4.1 The experimentation

For the experimentation in the laboratory, referring to the matrix previously described in the methodology, a spatial arrangement was chosen. Being similar to a building connected to a courtyard, this arrangement does not present “classical urban fronts” towards the outside of the area, due to its geographical position on high ground and “dominant” over the other existing buildings.

Tested phenomena and related procedures

Mock-ups were mounted on the test chamber (similar to a building of about 5 floors) on which the following phenomena were reproduced:

1. Water bomb - Pluvial flooding:
 - of medium intensity and in the absence of wind. Equipment used: sprinkler grid;
 - of medium intensity with the presence of wind. Equipment used: sprinkler grid; UNI¹³ fan with range 60 km/h; AAV 6,000 fan with range 300/700 Pa;
 - strong intensity with the presence of strong wind (Medican/Hurricane). Equipment used: sprinkler grille and fan AAMA 180/200 km/h.
2. Wind load and pressure. Equipment used: AAV 6,000 fan with range 300/4,000 Pa and AAMA fan range 120/200 km/h.
3. Island and heatwave. Equipment used: thermal chamber with range T° 20/80°C.

¹³ Please refer to the search reports for the results not shown here because the AAMA 180/200 km/h fan is more representative.

pressione di prova positiva e negativa alla quale si eseguono misurazioni e controlli per verificare che sotto tali effetti il campione presenti una deformazione ammissibile e conservi le sue proprietà.

La prova si è articolata secondo le seguenti fasi: prova di deformazione a pressione positiva e pressione negativa pari al 50% e al 100% del carico di vento di progetto. Dopo aver azzerato gli strumenti per la misura degli spostamenti frontali, il campione è stato sottoposto a pressioni di prova crescenti con velocità non superiore a 100 Pa/s in modo incrementale fino alla pressione di ± 1.200 Pa ($\pm 25,06$ lbf/ft²), con registrazione al raggiungimento della pressione degli spostamenti frontali dei punti caratteristici della facciata. Riportata la pressione a 0 Pa e attesa stabilizzazione, sono state misurate e registrate le deformazioni frontali residue. La sequenza analoga è stata ripetuta per la pressione di prova pari a ± 2.400 Pa ($\pm 50,12$ lbf/ft²).

Isola e ondata di calore (Rif. dizione norma: Cicli termici)

La prova è stata eseguita in conformità alla norma AAMA 501.5-07, secondo il seguente ciclogramma e obiettivi: il test è stato condotto sollecitando il campione a una temperatura variabile tra 176°F a 5°F (80°C, -15°C), con cicli di temperatura differenziale positiva/negativa rispetto a quella ambientale. Effettuando 3 cicli da 8 ore a temperatura costante interna di 24°C si evidenzia che, pur se il ciclogramma normato prevede un range a temperature tra -15°C e +80°C, visto che il fenomeno da riprodurre è riferito a range nello spettro “positivo”, il test ha sviluppato solo tale spettro, ovvero, tra 20°C e 80°C.



Fig. 25 - Simulazione bomba d'acqua in assenza e presenza di vento / Water bomb simulation in the absence and presence of wind (Source: Authors' elaboration).

- Considerazioni sugli esiti

In seguito alla sistematizzazione e messa a confronto dei dati alla conclusione dei test sul *mock-up* è risultato:

Bomba d'acqua - Pluvial flooding - In merito alla simulazione della facciata vetrata ha assunto il seguente comportamento in relazione ai tre metodi sperimentali di test effettuati:

- metodo S1: attraverso il getto di acqua corrispondente alle bombe d'acqua e in condizioni di assenza del vento, non sono state individuati comportamenti negativi della facciata a seguito del fenomeno;
- metodo S2: attraverso il getto di acqua corrispondente alle bombe d'acqua e in presenza del vento, la condizione di assetto testata ha risposto, nei tempi dati e nelle quantità previste, ai *range* normativi di riferimento, dimostrando una buona capacità di resilienza al fenomeno della bomba d'acqua in presenza anche di un possibile uragano;
- metodo S3: attraverso il getto di acqua corrispondente alle bombe d'acqua e in presenza di condizioni di estremo vento sulla facciata, simulando i sempre più frequenti uragani, non sono state individuati comportamenti negativi della facciata. Questo perché la pressione generata dal ventilatore che produce un vento di velocità pari a 64,8 km/h, fa disperdere il flusso d'acqua sulla facciata non creando eccessivi accumuli della stessa e, pertanto, non provocando infiltrazioni di acqua all'interno dell'edificio. Tuttavia, questo può determinare problemi di smaltimento delle acque a livello urbano.

The procedure identified for the experimentation according to the following tests:

1. Water bomb - Pluvial flooding: experimentation carried out through the reproduction of constant rain, directly on the façade. This experimentation was conducted by reproducing the phenomenon in three different ways:
 - simulation of the water jet in windless conditions through sprinklers, calibrated in order to spray a constant and uniform amount of water on the external surface of the façade;
 - simulation of the water jet in windless conditions through sprinklers, calibrated in order to spray a constant and uniform quantity of water on the external surface of the facade while it undergoes a slight constant pressure that simulates the wind pressure;
 - simulation of a water jet in extreme wind conditions (medical and hurricane simulation) through sprinklers calibrated in order to spray a constant and uniform amount of water on the external surface of the façade while the façade is subjected to a wind flow reproduced through a fan that simulates the power of a hurricane and directs the airflow towards the external surface of the façade.
2. Wind load and pressure (at different intensities and directions): experimentation carried out through the reproduction of the wind flow to verify the behaviour of the façade undergoing strong pressure. This experimentation was performed by reproducing the wind in two different ways:
 - subjecting the façade to the flow of wind through a fan that simulates the power of a hurricane and directs the flow of air towards the external surface of the façade;
 - applying constant pressure to the façade to identify the behavior of the connections and cladding materials of the façade.
3. Island and heatwave: experimentation carried out through the reproduction of high temperatures reproducible through the thermal chamber:

Experimentation Activities 1

- *The subject of the Experimentation: Transparent Façade*
The facade being tested is a curtain wall with aluminium mullions and transoms (stick wall system) and two windows, one with vistas opening and the other protruding.
- *Reference urban layout*
A raised geographical position characterizes the identified layout with a block of buildings to the South, a tower to the East and the North and West side free, as shown in the diagram above. Specifically, the behaviour of the North-facing

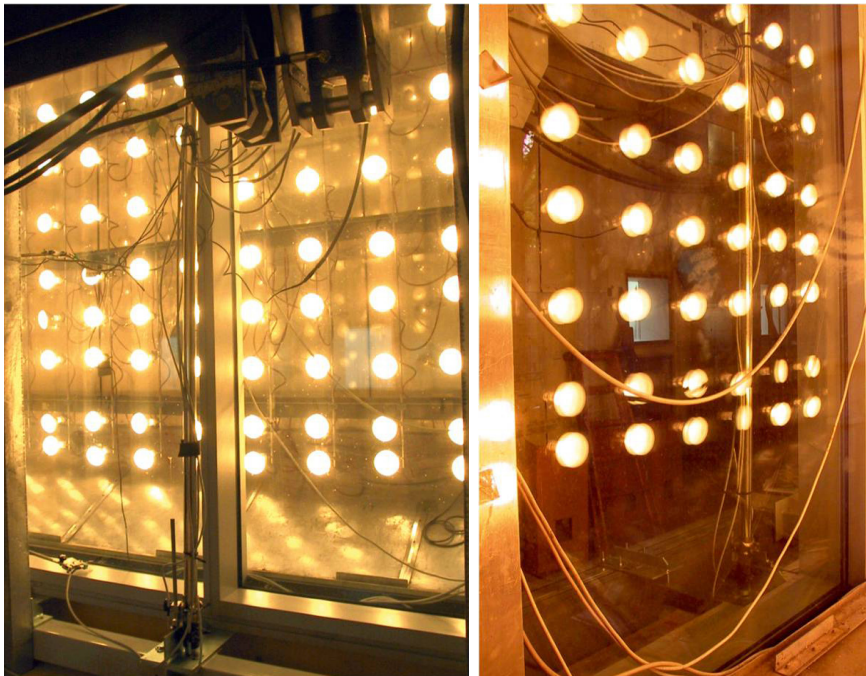


Fig. 26 - Simulazione isola e ondata di calore / *Heat island and heat wave simulation*
(Source: Authors' elaboration).

facade in unfavourable climatic conditions is studied and analysed, so the installation of the facade to be tested on the facade in question is continued.

- *Simulations and experiments*

The mock-up consist of a continuous aluminium curtain wall with mullions and transoms (stick wall system), including 2 openings (upper protruding, lower tilt and turn).

The tests were carried out in compliance with AAMA and ASTM American standards, i.e. according to the following cyclo-gram and goals: performance evaluation concerning opening/closing, preload, air permeability, water tightness under static pressure, water tightness under dynamic conditions, structural performance, thermal cycles racking test and crescendo test of an SL50 series façade sample of dimensions 6,025x8,820 mm, containing n. 2 openable (bottom tilt & turn, top protruding).

Medium intensity water bomb with no wind (Ref. standard diction: Watertightness under static pressure)

The test was performed following ASTM E 331-00 (2009), i.e. according to the following cyclo-gram and goals: the test was carried out by delivering a constant and uniform quantity of water on the external surface of the sample and at the same time applying a positive test pressure under the conditions defined below, during which any water infiltration was recorded. It was conducted at a static pressure of 15 lbf/ft² (pounds per square foot), 720 Pa for 15 minutes.

The amount of water, set at a total of 5 US gallons per square foot in an hour (= 3.4 l/min m²), was projected regarding the method reported in ASTM E 331-00 (2009), with a watering device consisting of a square mesh of nozzles positioned on a horizontal plane parallel to the plane of the specimen.

Medium intensity water bomb with the presence of wind (Ref. standard diction: Water tightness in dynamic conditions)

The test was performed based on the AAMA 501.1-05-00 (2007), according to the following schedule and goals: the test was done by delivering a constant and uniform quantity of water on the external surface of the sample and at the same time applying a dynamic pressure, during which any water infiltration was recorded. Further, it was carried out by applying a 15-minutes dynamic pressure equal to 31.5 lbs/ft² (pounds per square foot) 1,508 Pa on the sample. A quantity of water equal to 5 US gallons per square foot in an hour (= 3.4 l/min m²) was projected employing a watering device which consist of a square mesh net of nozzles positioned on a horizontal plane parallel to the plane of the sample.

Wind load and pressure (Ref. standard diction: Structural load)

Carico e pressione del vento - Sottoponendo la facciata al flusso di vento attraverso un ventilatore che dirige il flusso d'aria verso la superficie esterna della facciata e applicando sull'assetto una pressione costante, la vetrata ha risposto positivamente alla sollecitazione, assumendo un comportamento flessibile; pertanto si evince che l'assetto trasparente simulato si adatta alle condizioni climatiche sottoposte.

Isola e Ondata di Calore - In merito alla simulazione delle isole e delle ondate di calore, riproducendo una temperatura esterna fino a 80°C tramite la camera termica, non sono stati individuati comportamenti negativi e la condizione di assetto testata ha risposto, nei tempi dati e nelle quantità previste, ai range normativi di riferimento, dimostrando una migliore capacità di resilienza e adattamento a temperature molto calde.

Attività di sperimentazione 2

- Oggetto della sperimentazione: facciata opaca

La facciata oggetto di sperimentazione è costituita da un sistema a telaio al quale vengono agganciati tramite bullonatura pannelli sandwich in cartongesso "nano-modified" in silicato di calcio, rivestiti internamente ed esternamente da uno strato ignifugo.

- Assetto urbano di riferimento

L'assetto individuato è caratterizzato da una posizione geografica rialzata e con un blocco di edifici posto a sud, una torre a est e il versante nord e ovest libero,



Fig. 27 - Simulazione carico e pressione del vento / Load and pressure wind simulation (Source: Authors' elaboration).

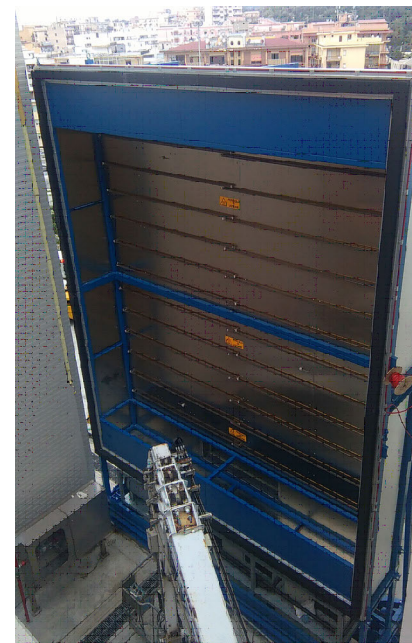


Fig. 28 - Vista della Camera termica / Thermal chamber view (Source: Authors' elaboration).

come riportato nello schema su citato. Nello specifico si studia e analizza il comportamento della facciata esposta a nord in condizioni climatiche svantaggiate, pertanto si prosegue con il montaggio della facciata oggetto di sperimentazione sul prospetto interessato.

- Simulazioni e sperimentazioni

Il *mock-up* è costituito da una facciata opaca con sistema a telaio e pannelli *sandwich* in cartongesso “*nano-modified*” in silicato di calcio, rivestiti internamente ed esternamente da uno strato ignifugo. Il *mock-up* non contiene apribili. Le prove sono state condotte in conformità agli *American Standards AAMA e ASTM*, ovvero secondo il seguente ciclogramma e obiettivi: valutazione pre-



Fig. 29 - Dettaglio *mock-up* testato in pressione / *Detail mock-up tested under pressure* (Source: Authors' elaboration).

The test was performed following ASTM E 330-02 (2010), according to the following schedule and goals: the test was executed by applying a positive and negative test pressure at which measurements and controls were exerted to verify that the sample presents a permissible deformation and retains its properties on the result of such effects. The test was generated based on following phases: deformation test at positive and negative pressure equal to 50% and 100% of the design wind load. After zeroing the instruments for measuring the frontal displacements, the sample was subjected to increasing test pressures with speed not exceeding 100 Pa/s incrementally up to a pressure of $\pm 1,200$ Pa (± 25.06 lbf/ft²), with recording when the frontal displacements pressure of the façade characteristic points was reached. Once the pressure has been restored to 0 Pa and stabilization is awaited, the following were measured and recorded residual frontal deformations. The similar sequence was repeated for the test pressure of $\pm 2,400$ Pa (± 50.12 lbf/ft²).

Island and heatwave (Ref. standard diction: *Thermal Cycles*)
The test was carried out per AAMA 501.5-07 according to the following cycle and goals. The test was conducted by stressing the sample at a temperature ranging from 176°F to 5°F (80°C, -15°C), with positive/negative differential temperature cycles concerning the ambient temperature.

Carrying out three 8-hour cycles at a constant internal temperature of 24°C, it is evident that, although the standardized cyclogram foresees a range at temperatures between -15°C and +80°C, given that the phenomenon to be reproduced refers to ranges in the “positive” spectrum, the test developed only this spectrum, that is, between 20°C and 80°C.

- *Outcome considerations*

Following the systematization and comparison of the data at the end of the mock-up tests, the mock-up was found:

Waterbomb - pluvial flooding - Concerning the simulation of the glazed façade, the following behaviour has been assumed with the three experimental test methods carried out:

- *S1 method: through the water jet corresponding to the water bombs and in windless conditions, no negative behaviour of the façade was identified as a result of the phenomenon;*

- *S2 method: through the water jet corresponding to the water bombs and in the presence of wind, the tested asset condition responded, in the given times and quantities, to the reference regulatory ranges, demonstrating a good resilience to the water bomb phenomenon in the presence of a possible hurricane;*



Fig. 30 - Campione sottoposto a prova nell'assetto sperimentale: *Full Scale Mock-Up / Sample tested in the experimental setup: Full Scale Mock-Up* (Source: Authors' elaboration).

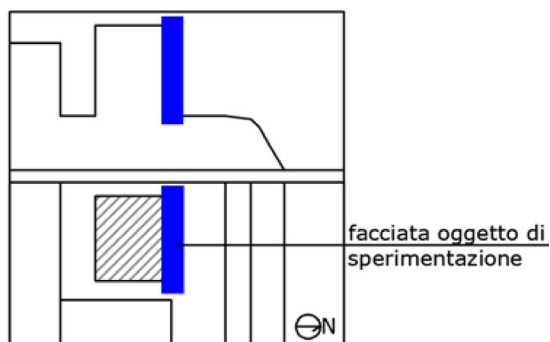


Fig. 31 - Assetto urbano di riferimento / *Urban asset of reference* (Source: Authors' elaboration).

stazionale relativamente ad apertura/chiusura, precarico, permeabilità all'aria, tenuta all'acqua sotto pressione statica, tenuta all'acqua in condizioni dinamiche, prestazione strutturale, cicli termici *racking test* e crescendo test di un campione di facciata *sandwich* opaca.

Bomba d'acqua di media intensità e in assenza di vento (Rif. dizione norma: *Tenuta all'acqua sotto pressione statica*)

La prova è stata eseguita in conformità alla norma ASTM E 331-00 (2009), ovvero secondo il seguente ciclogramma e obiettivi: la prova si è svolta erogando una quantità d'acqua costante e uniforme sulla superficie esterna del campione e nella contemporanea applicazione di una pressione positiva di prova a condizioni di seguito definite, durante la quale sono registrate eventuali infiltrazioni di acqua. L'erogazione è stata eseguita alla pressione statica di 15 lbf/ft² (*pounds per squarefoot*), 720 Pa per un tempo pari a 15 minuti. Il quantitativo di acqua, impostato in totale pari a 5 US *gallons per squarefoot in an hour* (= 3,4 l/min m²), è stato proiettato con riferimento al metodo riportato nella norma ASTM E 331-00 (2009), con dispositivo di innaffiamento costituito da una rete a maglia quadra di ugelli posizionati su piano orizzontale parallelo al piano del provino.

Bomba d'acqua di media intensità con presenza di vento (Rif. dizione norma: *Tenuta all'acqua in condizioni dinamiche*)

La prova è stata eseguita in conformità alla norma AAMA 501.1-05-00 (2007), secondo il seguente ciclogramma e obiettivi: la prova si è svolta erogando una quantità d'acqua costante e uniforme sulla superficie esterna del campione e nella contemporanea applicazione di una pressione dinamica, durante la quale sono registrate eventuali infiltrazioni di acqua. La prova è stata condotta applicando sul campione per 15 minuti di una pressione dinamica pari a 31,5 lbf/ft² (*pounds per squarefoot*), 1.508 Pa e una quantità d'acqua pari a 5 US *gallons per squarefoot in an hour* (= 3.4 l/min m²) è stato proiettato per mezzo di un dispositivo di innaffiamento costituito da una rete a maglia quadra di ugelli posizionati su piano orizzontale parallelo al piano del provino.

Carico e pressione del vento (Rif. dizione norma: *Carico strutturale*)

La prova è stata eseguita in conformità alle norme ASTM E 330-02 (2010), secondo il seguente ciclogramma e obiettivi: la prova si è svolta applicando una pressione di prova positiva e negativa alla quale si eseguono misurazioni e controlli per verificare che sotto tali effetti il campione presenti una deformazione ammissibile e conservi le sue proprietà. La prova si è articolata secondo le seguenti fasi: prova di deformazione a pressione positiva e pressione negativa pari al 50% e al 100% del carico di vento di progetto. Dopo aver azzerato gli strumenti per la misura degli spostamenti frontali, il campione è stato sottoposto a pressioni di prova crescenti con velocità non superiore a 100 Pa/s in modo incrementale fino alla pressione di ±1.200 Pa (±25,06 lbf/ft²), con registrazione al raggiungimento della pressione degli spostamenti frontali dei punti caratteristici della facciata. Riportata la pressione a 0 Pa e attesa stabilizzazione, sono state misurate e registrate le deformazioni frontali residue. La sequenza analoga è stata ripetuta per la pressione di prova pari a ±2.400 Pa (±50,12 lbf/ft²).

Isola e ondata di calore (Rif. dizione norma: Cicli termici)

La prova è stata eseguita in conformità alla norma AAMA 501.5-07, secondo il seguente ciclogramma e obiettivi: il test è stato condotto sollecitando il campione a una temperatura variabile tra 176°F a 5°F (80°C, -15°C), con cicli di tempe-



Fig. 32 - Simulazione della bomba d'acqua in presenza di vento / *Simulation of water bomb in the presence of wind* (Source: Authors' elaboration).

- *S3 method: through the water jet corresponding to water bombs and in the presence of extreme wind conditions on the façade, the simulation of increasingly frequent hurricanes did not result in any negative behaviour of the façade. This is because the pressure generated by the fan, which produces a wind speed of 64.8 km/h, disperses the flow of water on the façade without creating an excessive accumulation of water and, consequently without causing any water infiltration inside the building. However, this can cause water disposal problems at an urban level.*

Wind load and pressure - By subjecting the façade to the flow of wind through a fan that directs the airflow towards the external surface of the façade and applying constant pressure to the asset, the glazing responded positively to the stress, assuming a flexible behaviour.

Therefore, it can be seen that the simulated transparent asset adapts to the climatic conditions.

Island and Heatwave - With regard to the simulation of the islands and heatwaves, the reproduction of an external temperature of up to 80°C through the thermal chamber do not lead to any negative behaviour; and the asset condition tested responded, in the data times and quantities foreseen, to the reference regulatory ranges, demonstrating better resilience and adaptation to scorching temperatures.

Experimentation Activities 2

- *The subject of the Experimentation: Opaque Façade*
The facade to be tested consists of a frame system to which "nano-modified" plasterboard sandwich panels in calcium silicate are bolted covered internally and externally with a fireproof layer.

- *Reference urban layout*

A raised geographical position characterizes the identified layout and with a block of buildings to the South, a tower to the East and the North and West side free, as shown in the above-mentioned diagram.

Specifically, the behaviour of the North-facing facade in unfavourable climatic conditions is studied and analysed, so the installation of the facade to be tested on the facade in question is continued.

- *Simulations and experiments*

The mock-up consist of an opaque façade with a frame system and "nano-modified" plasterboard sandwich panels in calcium silicate, coated internally and externally with a fireproof layer. The mock-up does not contain any openings. The tests were conducted based on the American standards



Fig. 33 - Infiltrazioni di acqua durante la simulazione del test in assenza di vento / *Water infiltration during the test simulation in absence of wind* (Source: Authors' elaboration).

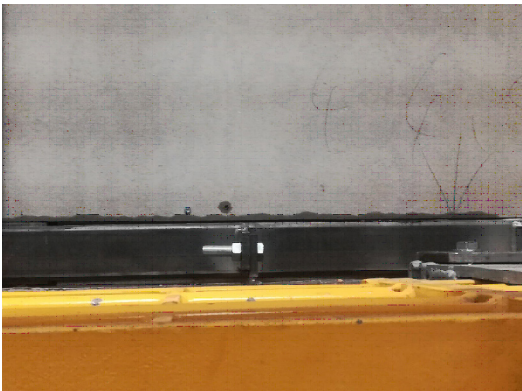


Fig. 34 - Infiltrazioni di acqua durante la simulazione del test in presenza di vento / *Water infiltration during the test simulation in presence of wind* (Source: Authors' elaboration).

ratura differenziale positiva/negativa rispetto a quella ambientale. Effettuando 3 cicli da 8 ore a temperatura costante interna di 24°C. Si evidenzia che, pur se il ciclogramma normato prevede un *range* a temperature tra -15°C e +80°C, visto che il fenomeno da riprodurre è riferito a *range* nello spettro “positivo”, il test ha sviluppato solo tale spettro, ovvero, tra 20°C e 80°C.

- Considerazioni sugli esiti

In seguito alla sistematizzazione e messa a confronto dei dati alla conclusione dei test sul *mock-up* è risultato:

Bomba d'acqua - Pluvial flooding - In merito alla simulazione della facciata vetrata ha assunto il seguente comportamento in relazione ai tre metodi sperimentali di test effettuati:

- metodo S1: attraverso il getto di acqua corrispondente alle bombe d'acqua e in condizioni di assenza del vento, si sono già viste le prime infiltrazioni attraverso i pannelli;
- metodo S2: attraverso il getto di acqua corrispondente alle bombe d'acqua e in presenza del vento, sono state individuate infiltrazioni di acqua. A tal fine si nota come la presenza della leggera pressione del vento sulla facciata modifica già il comportamento della stessa, pertanto come strategia di adattamento dei sistemi di *curtain wall*, si ha la necessità di porre maggiore attenzione ai sistemi di deflusso delle acque piovane;
- metodo S3: attraverso il getto di acqua corrispondente alle bombe d'acqua e in presenza di condizioni di estremo vento sulla facciata, simulando i sempre più frequenti uragani, attraverso una pressione generata dal ventilatore pari a 64,8 km/h, fa disperdere il flusso d'acqua sulla facciata non generando eccessivi accumuli della stessa e, pertanto, non provocando infiltrazioni di acqua. Tuttavia, questo può generare problemi cu smaltimento delle acque a livello urbano.

Carico e pressione del vento - Sottoponendo la facciata al flusso di vento attraverso un flusso d'aria verso la superficie esterna del componente e applicando sull'assetto una pressione costante, l'assetto opaco ha risposto negativamente alla sollecitazione, assumendo un comportamento rigido e arrivando a rottura dei pannelli, pertanto si evince che tale assetto non è adattivo ai cambiamenti climatici

Isola e ondata di calore - In merito alla simulazione delle isole e delle ondate di calore, riproducendo una temperatura esterna fino a 80°C tramite la camera termica, sono stati individuati comportamenti negativi e la condizione di assetto testata non ha risposto, nei tempi dati e nelle quantità previste, ai *range* normativi di riferimento, dimostrando una poca capacità di resilienza e adattamento a temperature molto calde.

Dopo aver condotto i test si è sviluppato un quadro sintetico di confronto al fine di evidenziare potenzialità e criticità del sistema tecnologico dei provini indagati attraverso l'estrapolazione di dati che verificano i comportamenti e le *performance* del sistema nei suoi funzionamenti.



Fig. 35 - Esito simulazione di carico e pressione del vento: Rottura / *Wind load and wind pressure simulation result: Breakage* (Source: Authors' elaboration).

AAMA and ASTM, i.e. according to the following cyclogram and goals: performance evaluation concerning opening/closing, preload, air permeability, water tightness under static pressure, water tightness under dynamic conditions, structural performance, thermal racking test cycles and crescendo test of an opaque sandwich facade sample.

Medium intensity water bomb with no wind (Ref. standard diction: Watertightness under static pressure)

The test was performed on the basis of ASTM E 331-00 (2009), i.e. according to the following cyclogram and goals: the test was carried out by delivering a constant and uniform quantity of water on the external surface of the sample and at the same time applying a positive test pressure under the conditions defined below, during which any water infiltration was recorded. The test was carried out at a static pressure of 15 lbs/ft² (pounds per square foot), 720 Pa for a time of 15 minutes.

The amount of water, set at a total of 5 US gallons per square foot in an hour (= 3.4 l/min m²), was projected regarding the method reported in ASTM E 331-00 (2009), with a watering device consisting of a square mesh of nozzles positioned on a horizontal plane parallel to the plane of the specimen.

Medium intensity water bomb with the presence of wind (Ref. standard diction: Water tightness in dynamic conditions)

The test was performed following AAMA 501.1-05-00 (2007), according to the schedule and goals as follows: the test was performed by delivering a constant and uniform quantity of water on the external surface of the sample and at the same time applying a dynamic pressure, during which any water infiltration was recorded. The test was done by applying on the sample for 15 minutes a dynamic pressure equal to 31.5 lbs/ft² (pounds per square foot), 1,508 Pa and a quantity of water equal to 5 US gallons per square foot in an hour (= 3.4 l/min m²) was projected employing a watering device consisting of a square mesh net of nozzles positioned on a horizontal plane parallel to the plane of the sample.

Wind load and pressure (Ref. standard diction: Structural load)

It was performed based on ASTM E 330-02 (2010), according to the following schedule and goals: the test was carried out by applying a positive and negative test pressure at which measurements and controls are carried out to verify that under such effects, the sample presents a permissible deformation and retains its properties.

The test was constructed in the following phases: deformation test at positive and negative pressure equal to 50% and 100% of the design wind load. After having reset to zero the

instruments for measuring the frontal displacement, the sample was subjected to test pressures increasing with speed not exceeding 100 Pa/s incrementally up to a pressure of $\pm 1,200$ Pa (± 25.06 lbf/ft²), with adjustment when the pressure of the frontal displacement of the characteristic points of the façade is reached. Once the pressure had been restored to 0 Pa and stabilized, the residual frontal deformation was measured and recorded. The similar sequence was repeated for the test pressure of $\pm 2,400$ Pa (± 50.12 lbf/ft²).

Island and heatwave (Ref. standard diction: Thermal Cycles)
The test was carried out following AAMA 501.5-07, based on the following cycle and goals: the test was conducted by stressing the sample at a temperature ranging from 176°F to 5°F (80°C, -15°C), with positive/negative differential temperature cycles concerning the ambient temperature. Performing 3 cycles of 8 hours at a constant internal temperature of 24°C. It should be noted that, although the standardized cyclogram foresees a range at temperatures between -15°C and +80°C, given that the phenomenon to be reproduced refers to ranges in the “positive” spectrum, the test has developed only this spectrum, i.e., between 20°C and 80°C.

- Outcome considerations

Following the systematization and comparison of the data at the end of the tests on the mock-up was found:

Waterbomb - Pluvial flooding - Concerning the simulation of the glazed façade, the following behaviour has been identified about the three conducted experimental test methods:

- S1 method: through the water jet corresponding to the water bombs and in windless conditions, the first infiltrations through the panels were already seen;

- S2 method: through the water jet corresponding to the water bombs and in the presence of wind, water infiltrations inside the building have been detected. To this end, it can be seen that the presence of slight wind pressure on the façade already changes its behaviour, hence the rainwater drainage systems as a strategy for adapting curtain should be given much more attention wall systems;

- S3 method: employing the water jet corresponding to water bombs and in the presence of extreme wind conditions on the façade, simulating the increasingly frequent hurricanes, through a pressure generated by the fan of 64.8 km/h, it disperses the flow of water on the façade without generating excessive accumulation of the same and causing any water infiltration inside the building. However, this can generate problems with water disposal at an urban level.

Wind load and pressure - By subjecting the façade to the flow

Synthesis table - Experiment 01 - Transparent component

| Simulated Phenomenon | Standard Reference | Test Method | Results of the tested asset |
|---|--|---|---|
| WATER BOMB Condition: Not extreme (no wind, amount of water contained) Normalized cycle: Watertightness Under Static Pressure | ASTM E331-00 (2009) Standard Test Method for Water Penetration of Exterior Windows, Skylights, Doors, and Curtain Walls by Uniform Static Air Pressure Difference. | Application on the sample for 15 minutes of a static pressure of 15 lbf/ft ² (pounds per squarefoot), 720 Pa and a quantity of water equal to 5 U.S. gallons per squarefoot in an hour (= 3.4 l/min m ²).* | The tested asset condition has responded, in the times and in the quantities expected, to the standards, demonstrating a good resilience to the water bomb phenomenon. |
| WATER BOMB Condition: Extreme (in the presence of wind simulating the power of a hurricane, high amount of water) Normalized cycle: Water Resistance: Dynamic Conditions | AAMA 501.1-05-00 (2007) Standard Test for Water Penetration Of Windows, Curtain Walls and Doors Using Dynamic Pressure. | Application on the sample for 15 minutes of a dynamic pressure of 31.5 lbf/ft ² (pounds per squarefoot), 1508 Pa and a water quantity of 5 U.S. gallons per squarefoot in an hour (= 3.4 l/min m ²). | The tested asset condition has responded, in the times and in the quantities expected, to the standards, demonstrating a good resilience to the water bomb phenomenon in presence also of a possible hurricane. |
| WIND LOAD RESISTANCE Normalized cycle: Structural load | ASTM E330 - 02 (2010) Standard Test Method for Structural Performance of Exterior Windows, Doors, Skylights and Curtain Walls by Uniform Static Air Pressure Difference. | Load application with positive/negative pressures at 50% and 100% of design wind load (± 25.06 lbf/ft ² , ± 1200 Pa - ± 50.12 lbf/ft ² , ± 2400 Pa) | The tested asset condition has responded, in the times and in the quantities expected, to the standards, demonstrating a good resilience to the deformability in the presence of strong suction pressure. |
| INSULATION AND HEAT WAVE Normal Cycle: Cyclythermal | AAMA 501.5-07 Test Method for Thermal Cycling of Exterior Walls. | n. 3 cycles have been conducted at a temperature between -15 °C and + 80 °C | The tested asset condition has responded, in the times and in the quantities expected, to the standards, demonstrating a good resilience and adaptation to cold temperatures compared to too hot ones. |

Fig. 36 - Quadro sintetico della sperimentazione su componente trasparente / Synthetic table of the experimentation on transparent component (Source: Authors' elaboration).

Synthesis table - Experiment 02 - Opaque component

| Simulated Phenomenon | Standard Reference | Test Method | Results of the tested asset |
|---|---|---|---|
| WATER BOMB Condition: Not extreme (no wind, amount of water contained) Normalized cycle: Watertightness Under Static Pressure | ASTM E331-00 (2009) Standard Test Method for Water Penetration of Exterior Windows, Skylights, Doors, and Curtain Walls by Uniform Static Air Pressure Difference. | Application on the sample for 15 minutes of a static pressure of 15 lbf/ft ² (pounds per squarefoot), 720 Pa and a quantity of water equal to 5 U.S. gallons per squarefoot in an hour (= 3.4 l/min m ²).* | The tested asset condition hasn't responded, in the times and in the quantities expected, to the standards, because there was water infiltration. So this facada does not seem to be resilient to the water bomb phenomenon. |
| WATER BOMB Condition: Extreme (in the presence of wind simulating the power of a hurricane, high amount of water) Normalized cycle: Water Resistance: Dynamic Conditions | AAMA 501.1-05-00 (2007) Standard Test for Water Penetration Of Windows, Curtain Walls and Doors Using Dynamic Pressure. | Application on the sample for 15 minutes of a dynamic pressure of 31.5 lbf/ft ² (pounds per squarefoot), 1508 Pa and a water quantity of 5 U.S. gallons per squarefoot in an hour (= 3.4 l/min m ²). | The tested asset condition hasn't responded, in the times and in the quantities expected, to the standards, because there was water infiltration. So this facada does not seem to be resilient to the water bomb phenomenon in presence also of a possible hurricane. |
| WIND LOAD RESISTANCE Normalized cycle: Structural load | ASTM E330 - 02 (2010) Standard Test Method for Structural Performance of Exterior Windows, Doors, Skylights and Curtain Walls by Uniform Static Air Pressure Difference. | Load application with positive/negative pressures at 50% and 100% of design wind load (±25.06 lbf/ft ² , ±1200 Pa - ±50.12 lbf/ft ² , ±2400 Pa) | The tested asset condition has responded negatively, in the times and in the quantities expected, to the standards. The facade, in fact, has suffered a breakage and damage to the panels, demonstrating a low deformability in the presence of strong wind pressure and, therefore, a system too rigid to allow it to be silenced to the extreme events of climate change. |
| INSULATION AND HEAT WAVE Normal Cycle: Cyclythermal | AAMA 501.5-07 Test Method for Thermal Cycling of Exterior Walls. | n. 3 cycles have been conducted at a temperature between -15 °C and + 80 °C | The tested asset condition has responded, in the times and in the quantities expected, to the standards, demonstrating a lower resilience and adaptation level to cold temperatures compared to too hot ones |

of wind through an air flow towards the external surface of the component and applying constant pressure to the asset, the opaque asset assuming a rigid behaviour and leading to panel breakage, responded negatively to the stress, accordingly, it is clear that this asset is not adaptive to climate change.

Island and heatwave - Concerning the simulation of islands and heatwaves, reproducing an external temperature of up to 80°C through the thermal chamber, negative behaviours were identified, and the asset condition tested did not respond, in the given timescales and quantities foreseen, to the reference regulatory ranges, demonstrating a low capacity of resilience and adaptation to scorching temperatures.

After conducting the tests, a synthetic framework of comparison was developed in order to highlight the potential and criticality of the technological system associated with the test pieces investigated through the extrapolation of data that verify the system behaviour and performance in its operation.

6.5 FINAL CONSIDERATIONS AND OUTCOMES*

Due to the development of the various steps of the research, as set out in the methodology, it is highly necessary to make some general considerations on the path undertaken by the Research Unit of the Mediterranean University, with a brief overview of the results achieved, referring the complete and detailed explanation of the information to the specific reports accompanying the system of the papers.

The experimental content of the study, characterized by the operational possibilities of the TCLab section, allowed to test the adaptability levels (or in any case of response) concerning the climate change regime of technological assets and options, through the reproduction of climatic stress conditions in urban environments and of the effects connected to them, measurable, assessable (and possibly certifiable), in terms of repercussions on design and production chains.

The last aspect has been beneficial and led to desired results in the intermediate phases, which have been concretized by subsequent relations with the technical partners; in particular, on the variation made by the latter on some production lines and design structures regarding system components.

The two major and crucial steps in the process of this experimentation were as follows:

1. the simulation phase, carried out through dedicated software;
2. the testing phase conducted in the laboratory, finally compa-

* Text by Martino Milardi.

Fig. 37 - Quadro sintetico della sperimentazione su componente opaco / Synthetic table of the experimentation on opaque component (Source: Authors' elaboration).

ring the results obtained.

In this direction, the experimentation conducted by the RU has enriched the cataloguing of urban layouts types and has explored the capacity of a set of indices (both "key" and synthetic) in the reading and understanding of some phenomena, through a dynamic methodology to consider the capacity of adaptation of the systems and their regenerative potential. Regarding the first considerations for the construction of knowledge, it seems useful to highlight one of the initial limits of the research that can provide a right guideline for future survey actions.

From the primary comparisons between the two levels of simulation, software modelling and phenomenological testing, the discrepancies between "simulated models" from data induction and "observed/measured model" and from reproduced phenomenon seem to be confirmed.

In a nutshell, the tests from life have often amplified or in any case highlighted behaviours not always expressed by the simulations, such as those highlighted in the relationships between morphological-material configurations of the facade and water bomb of medium and high intensity.

In any case, discrepancies were recorded, for example on the effects of wind pressure (both in the constant and punctual form).

It is therefore believed that aspects such as these, although expressed in a synthetic form, may constitute fertile areas of research in the field of climate change in urban environments. In particular, starting from the state of knowledge and analysis that characterized the first three steps of the survey, it has been possible to develop criterion-based indices and software, simulations - quite reliable and underlying a downscaling approach which aimed mainly at:

- construction of protocols necessary to define the control processes of the building/context relationship, both by defining new parameters measurable through available criteria and intermediate products in the form of guidelines;
- definition of new structures for the pre-determined urban contexts, where the synergy between surfaces and volumes triggers demonstrable conditions of climate change;
- construction of a core-set of "new" indices, useful for the detection of synergies and climate change effects in the urban environment.

From the criticality point of view, those related to the measurability of the data were considered as the most important in this phase. In fact, if it was possible to detect the climate value and quantify the material aspects of the urban context, the description of the relative synergies through indices, although reliable, raised issues of no small importance.

In this sense, and however ambitious, the use of different instruments, phenomenological reproduction, diagnostic reading,

6.5 CONSIDERAZIONI FINALI ED ESITI*

In ragione dello svolgimento dei vari *step* della ricerca, così come enunciati nella metodologia, si ritiene necessario fare alcune considerazioni generali sul percorso intrapreso dalla *Research Unit* dell'Università Mediterranea, con un sintetico panorama degli esiti raggiunti, rimandando l'esplicitazione completa e dettagliata delle informazioni ai report specifici a corredo del sistema degli elaborati.

Il contenuto sperimentale dello studio, fortemente caratterizzato dalle possibilità operative della sezione TCLab, ha consentito di testare i livelli di adattabilità (o comunque di risposta) al regime di *climate change*, di assetti e opzioni tecnologiche, attraverso la riproduzione di condizioni di stress climatico in ambiente urbano e degli effetti a essi connessi, misurabili, valutabili (ed eventualmente certificabili), in termini di ricadute sulle filiere progettuali e produttive. Aspetto questo ultimo che ha avuto degli esiti già nelle fasi intermedie, concretizzatisi da successivi rapporti con i *partner* tecnici; in particolare sulla variazione effettuata da questi su alcune linee di produzione e assetti progettuali riguardanti dei componenti di sistema.

Due i momenti principali della sperimentazione:

1. la fase di simulazione, effettuata attraverso software dedicati;
2. la fase di *testing* condotta in laboratorio, confrontando infine i risultati ottenuti.

In questa direzione, la sperimentazione condotta dalla RU ha arricchito la catalogazione delle tipologie di assetti urbani e ha esplorato la capacità di un *set* di indicatori (sia "chiave" che di sintesi) nella lettura e comprensione di alcuni fenomeni, attraverso una metodologia dinamica e allo scopo di considerare la capacità di adattamento dei sistemi e il loro potenziale rigenerativo.

Ai fini delle prime considerazioni per l'avanzamento delle conoscenze, sembra utile mettere in rilievo uno degli iniziali limiti della ricerca che può fornire un affidabile indirizzo per le future azioni di indagine. Dalle comparazioni primarie attuate tra i due livelli di simulazione, modellazione da software e *testing* fenomenologici, sembrano confermarsi le discrepanze tra "modello simulato" - da induzione statistica - e "modello osservato/misurato" - da fenomeno riprodotto.

In estrema sintesi, i test dal vero hanno spesso amplificato o comunque messo in rilievo dei comportamenti non sempre espressi dalle simulazioni, come quelli evidenziatisi nei rapporti tra configurazioni morfologico-materiche della facciata e bomba d'acqua di media e forte intensità. In ogni caso, si sono registrate delle discrepanze, ad esempio sugli effetti delle pressioni del vento (sia in forma costante che puntuale).

Si ritiene quindi che aspetti come questi, seppur espressi in forma sintetica, possano costituire dei fertili ambiti di ricerca nel campo del *climate change* in ambiente urbano.

In particolare, partendo dallo stato di conoscenza e analisi che ha caratterizzato i primi tre *step* dell'indagine, si sono potute mettere a punto, attraverso l'applicazione di criteri, indicatori e software, delle simulazioni - abbastanza affidabili nonché sottese da un approccio *downscaling* - finalizzate ad azioni che conducessero a:

- costruzione di protocolli necessari a definire i processi di controllo del rapporto edificio/contesto, sia definendo nuovi parametri misurabili attraverso criteri di

* Testo di Martino Milardi.

sponibili, sia di prodotti intermedi in forma di linee guida;

- definizione di nuovi assetti dei contesti urbani individuati, dove la sinergia tra superfici e volumi innesca condizioni dimostrabili di *climate change*;
- costruzione di un *core set* di “nuovi” indicatori, utili al rilievo di sinergie ed effetti di cambiamento climatico in ambiente urbano.

Dal punto di vista delle criticità riscontrate, le maggiori avute in questa fase sono state quelle relative alla misurabilità del dato. Se infatti è stato possibile rilevare il valore climatico e quantificare gli aspetti materici del contesto urbano, la descrizione delle relative sinergie tramite indicatori, pur affidabili, ha sollevato questioni non di poco peso. In questo senso e per quanto ambizioso, il ricorso a differenti strumenti di riproduzione fenomenologica, di lettura diagnostica etc. offerta dai test - sia ai fini del supporto alle ipotesi, sia ai fini della comparazione tra dati e criteri - ha agevolato il raggiungimento dell’obiettivo.

Con la successiva fase di sperimentazione dal vero, effettuata attraverso i test al TCLab si sono potute fornire risposte misurabili e tali da:

- individuare: le soluzioni generali per interventi a forte contenuto di mitigazione, responsabilità o adattività degli assetti o delle opzioni tecnologiche;
- verificare: le condizioni bioclimatiche e microclimatiche in ambiente urbano e degli effetti a essi connessi, misurabili, valutabili e certificabili in termini di ricadute sulle filiere progettuali e produttive;
- indirizzare: le ricadute tecnologiche della ricerca verso soluzioni tecniche innovative, testate e verificate dal punto di vista prestazionale.

In particolare, l’insieme delle attività sperimentali e di *testing*, sono quindi state effettuate al TCLab utilizzando soprattutto le apparecchiature in dotazione alla camera di prova, sia per la “replica” di una tipologia di assetto urbano sia per la riproduzione di fenomeni estremi, realmente riconducibili ad affidabili parametri effettivi, poiché certificata dai *datashit* delle “macchine”.

Si vuole qui ribadire che uno dei maggiori vantaggi per gli esiti di ricerca, è costituito proprio dal fatto di aver potuto attuare le prove su campioni e assetti a scala reale.

Tenendo presente il quadro delle “interazioni edificio-contesto” quindi, attraverso la messa a punto di test appropriati (al di là di quelli indicati dai ciclogrammi normati) la sperimentazione in laboratorio ha rappresentato, il momento cardine della ricerca portando all’elaborazione di modelli progettuali, alla definizione di quadri comparativi di supporto alle prassi valutative o di controllo prestazionale e alla sperimentazione di possibili soluzioni tecnologiche per gli scenari di intervento. L’attività di laboratorio ha viepiù consentito di supportare in modo efficace il lato sperimentale della ricerca, e garantire, oltre al rigore metodologico, il livello di affidabilità dei risultati ottenuti, avendo inoltre potuto verificare percorsi o risultati intermedi, attraverso misurazioni, *testing* e verifiche normative.

In ultima analisi e a sostanza di quanto detto su ruolo del *testing*, si mette qui in evidenza un particolare aspetto dello stato dell’arte relativo al settore edilizio; ovvero, di come l’“impatto” dei fenomeni di cambiamento climatico in ambiente urbano, stiano spostando la direzione degli strumenti analitici.

Negli ultimi vent’anni, il peso dei sistemi di analisi prestazionale predittiva soprattutto di tenore energetico era preponderante, sia per l’edilizia “tradizionale” ed esistente che per quella avanzata e di nuova realizzazione. Oggi, la questione climatica sta spingendo il settore della produzione verso la realizzazione di involucri

etc., wasn’t insignificant.

Offered by the tests - both to support the hypothesis and to compare data and criteria - has facilitated the achievement of the goal.

It was possible to provide measurable responses with the subsequent phase of testing from life, carried out through the TCLab tests:

- *identify: the general solutions for interventions with a strong mitigation content, responsiveness or adaptivity of the assets or technological options;*
- *verify the bioclimatic and microclimatic conditions in the urban environment and the effects related to them, measurable, assessable and certifiable in terms of impacts on the design and production chains;*
- *guiding (role): the technological fallout of research towards innovative technical solutions, tested and verified from the performance point of view.*

In particular, the set of experimental and testing activities were therefore carried out at TCLab using above all the equipment supplied to the test chamber, both for the “replication” of a type of urban layout and for the reproduction of extreme phenomena, referable to reliable, effective parameters, since certified by the datasheets of the “machines”. It is noteworthy that one of the most crucial advantages of the present research study can be attributed to carrying out tests on samples and real scale layouts.

The experimentation conducted under laboratory condition based on “Building-Context interactions” framework, represented the pivotal moment of research, leading to the elaboration of design models, the definition of comparative frameworks to support evaluation practices or performance control and the experimentation of possible technological solutions for the intervention scenarios. The laboratory activities were effective support for the experimental side of research and a good guarantee for methodological rigor; the level of reliability of the results obtained, have also been able to verify paths or intermediate results, through measurements, testing and regulatory checks.

In the final analysis and what has been said about the role of testing, a particular aspect concerning state of the art in the building sector is highlighted here; that is, how the “impact” of climate change phenomena in the urban environment is shifting the direction of analytical tools.

In the last 20 years, the weight of predictive performance analysis systems, especially of energy content, has been predominant, both for “traditional” and existing buildings and for advanced and new buildings. Today, the climate issue is pushing the production sector towards the construction of enclosures and components, which require evaluation tools increasingly suitable for understanding macroscopic phenomena, where energy performance is linked to an even higher and more



Fig. 38 - Dal fenomeno all'osservazione misurata e valutata / *From phenomenon to measured and evaluated observation* (Source: Authors' elaboration).

e componenti, che richiedono strumenti di valutazione sempre più adatti alla comprensione di fenomeni macroscopici, dove la prestazione energetica è connessa a un numero di richieste ancora più alto e complesso (VV.AA., 2018).

È infatti conclamato come la certificazione (spesso di derivazione automobilistica e aeronavale)¹⁴ spinga sempre di più verso un differente controllo strumentale, non più esclusivamente predittivo (“*ex ante*” *tout court*) ma anche deduttivo, ovvero a valle di attività di prova e sperimentali dal vero.

Testimonianza di ciò è l’affermarsi di richieste di certificazione in ambito UNI EN e sempre di più AAMA/ASTM (standard USA), delle Serie Normate sempre più orientate verso la garanzia prestazionale a sollecitazioni climatiche estreme.

In linea di massima, questo scenario di ricerca indica che all’aumentare della complessità dei portati del *climate change* è via via necessario aumentare il ventaglio dei criteri di indagini prestazionali che ne sottendono gli approcci di conoscenza, analisi e intervento. Una complessità, dunque, che ha dettato la costruzione di criteri che hanno spostato sempre di più l’asse verso modalità di valutazione allineate ai contenuti innovativi dell’“oggetto da testare”, richiamando, di conseguenza, paritarie azioni di rinnovamento di basi e assunti dei criteri stessi. Questo ha portato, ad esempio, al sempre più frequente impiego dei test su *mock-up*, rispetto a modellini in scala, o ai software di modellazione in genere.

Sembra in ogni caso sempre più palese, come l’approccio operativo basato su test di misura e valutazione prestazionale in regime simulato, poiché capace di fornire ventagli prestazionali garantiti da norme e dati affidabili, stia diventando strategico per tutti gli attori del settore delle costruzioni, delle Pubbliche Amministrazioni, per l’insieme degli *stakeholders* e soprattutto per gli utenti finali.

In conclusione, pur da uno scenario illustrato in modo sintetico, appare chiaro come in questo particolare momento storico, i *trend* congiunturali e le transizioni dei diversi campi dell’agire umano determinano spesso posizioni aleatorie o comunque incerte. È forse per questo, che riferendo ciò all’ambito dell’architettura e della produzione edilizia, tra le diverse prassi attuative il ruolo degli strumenti di rilevazione e simulazione fenomenologica nonché, soprattutto, dei centri che svolgono attività di *testing* di supporto ai processi progettuali e di innovazione, assumano il ruolo di affidabile controllo di un ulteriore complesso campo di “cambiamento”, pur se in questo caso, climatico.

complex number of demands (VV.AA., 2018). It is, in fact, proclaimed that certification (often of automotive and aeronautical derivation)¹⁴ increasingly pushes towards a different instrumental control, no longer exclusively predictive (“ex ante” tout court) but also deductive, i.e. downstream of test and experimental activities from life. The testimony of this is the affirmation of certification requests in the UNI EN area, and increasingly AAMA/ASTM (USA standard), of the Standard Series increasingly oriented towards performance guarantee at extreme climatic stress. Generally speaking, this research scenario indicates that as the complexity of climate change increases, the range of performance survey criteria underlying its approaches to knowledge, analysis and intervention needs to be increased.

A complexity, therefore, that has dictated the construction of criteria increasingly shifted the axis towards evaluation methods aligned with the innovative contents of the object to be tested, recalling, as a consequence, equal actions for the renewal of bases and assumptions of the criteria themselves. This has led, for example, to the increasingly frequent use of mock up tests, compared to scale models or modelling software in general.

In any case, it seems more and more evident how the operational approach based on measurement tests and performance evaluation in a simulated regimes becoming strategic for all actors in the construction sector, in the Public Administrations, for all stakeholders and especially for end-users.

In conclusion, despite a scenario illustrated synthetically, it is clear that in this particular historical moment, economic trends and transitions in the various fields of human action often lead to uncertain or uncertain positions. It is perhaps for this reason that, referring this to the field of architecture and building production, among the different implementation practices the role of phenomenological detection and simulation tools and, above all, of the centres that carry out testing activities in support of design and innovation processes, assume the role of reliable control of a further complex field of “change”, albeit in this case climatic.

14 Nel campo del *testing* per l’edilizia è ormai d’uso comune la locuzione “l’edificio come un’automobile”. Quest’espressione, pur se simile alla ben più famosa «Una casa è una macchina per abitare» di Le Corbusier (LC, *Vers une architecture*, Arthaud, Paris, 1977), è riferita alle nuove esigenze di testare i componenti degli edifici, prima di metterli in opera. È infatti noto come il livello di complessità e raffinatezza tecnologica dei componenti d’involucro, li faccia assimilare alle automobili che richiedono serie di “*crash test*” prima di essere messe in produzione.

14 In the field of building testing, the phrase “the building like a car” is now commonly used. This expression, although similar to the much more famous «A house is a machine for a living» by Le Corbusier (LC, *Vers une architecture*, Arthaud, Paris, 1977), refers to the new requirements of testing building components before they are put into operation. In fact, it is well known that the level of complexity and technological refinement of the envelope components makes them similar to cars that require a series of “*crash tests*” before they are put into production.

References

- Benedetti, C. (1994), *Manuale di architettura bioclimatica*, Maggioli, Santarcangelo di Romagna.
- EEA European Environment Agency (2018), *Environmental indicator report 2018. European Environment Agency*, available at: <https://www.eea.europa.eu/airs/2018> (accessed 04 December 2020).
- De Wilde, P. & Coley, D. (eds) (2012), *The implications of a changing climate for buildings*, vol. 55, pp. 1-7.
- EPA (2014), "Climate change indicators in the United States, 3rd ed.", Environmental Protection Agency, available at: www.epa.gov/climatechange/indicators.html (accessed 28 September 2020).
- Fitch, J.M. (1972), *American Building 2: The Environmental Forces that shape it*, Houghton Miffl, Boston.
- Givoni, B. (1991), "Impact of planted areas on urban environmental quality: a review", *Atmospheric Environment. Part B. Urban Atmosphere*, vol. 25, n. 3, pp. 289-299.
- IPCC (2014), "Summary for policymakers", *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*, 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), Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, pp. 1-32.
- Le Corbusier & Claudius-Petit, E. (1977), *Vers une architecture, Poitiers*, Arthaud, vol. 1, pp. 73.
- Lucarelli, M.T. (2019), "I nuovi scenari della progettazione tecnologica", in Lauria, M., Mussinelli, E. & Tucci, F. (eds), *La Produzione del Progetto*, Maggioli, Santarcangelo di Romagna.
- Malcevski, 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.
- Milardi, M. (2016), "An applied research laboratory for technological innovation processes in building", *Techne. Journal of Technology for Architecture and Environment*, vol. 11, pp. 113-118.
- Norrand-Romand, C. (2013), "Observatoire National sur les Effets du Réchauffement Climatique (ONERC)", L'adaptation de la France au changement climatique. Rapport au Premier Ministre et au Parlement. 2012, La Documentation Française, 124 pages, *Territoire en mouvement Revue de géographie et aménagement. Territory in movement Journal of geography and planning*, pp. 19-20.
- Olgyay, V. (1973), *Progettare con il clima*, Franco Muzzio Editore, Padova.
- VV.AA. (2018), "Public research as a support for technological innovation in the architectural envelope sector", *Advanced Building Skins GmbH*, proceedings of the 13th Conference on Advanced Building Skins, October 1-2, 2018, Bern, Wilen, Sarnen.

Main European standards

- UNI EN 12152: 2003. Curtain Walling - Air Permeability- Performance Requirements and Classification.
- UNI EN 12153: 2002. Curtain Walling - Air Permeability- Test Method: Air and Water permeability, wind load, water tightness.
- UNI EN 12154: 2001. Curtain Walling - Waterlightness -Performance Requirements and Classification.
- UNI EN 12155: 2002. Curtain Walling - Waterlightness- Laboratory Test under Static Pressure.
- UNI EN 12179: 2002. Curtain Walling - Resistance to Wind Load-Test Method.
- UNI EN 13050: 2011. Curtain Walling - Watertightness – Laboratory test under dynamic condition of air pressure and water spray.
- UNI EN 13116: 2002. Curtain Walling - Resistance to wind load-Performance Requirements.
- UNI EN 13830: 2020. Curtain Walling - Product Standard.

Principali normative americane di riferimento

- ASTM E 330, E331 & FBC Florida Building Code (Hurricane simulation class AE).
- ASTM E330 - 02(2010): Standard Test Method for Structural Performance of Exterior Windows, Doors, Skylights and Curtain Walls by Uniform Static Air Pressure Difference.
- ASTM E331 – 00(2009): Standard Test Method for Water Penetration of Exterior Windows, Skylights, Doors, and Curtain Walls by Uniform Static Air Pressure Difference.
- ASTM E547-00 (2007): Standard Test Method for Water Penetration of Exterior Windows, Skylights, Doors, and Curtain Walls by Cyclic Static Air Pressure Difference.
- ASTM E283-04 (2012): Standard Test Method for Determining Rate of Air Leakage Through Exterior Windows, Curtain Walls, and Doors Under Specified Pressure Differences Across the Specimen.
- AAMA 501.1-05: Standard Test Method For Water Penetration of Windows Curtain Walls And Doors Using Dynamic Pressure.
- AAMA 501.4-00: Static test method for evaluating curtain wall and storefront systems subjected to seismic and wind induced interstory drifts.

ESITI SPERIMENTALI E PROSPETTIVE DI RICERCA
EXPERIMENTAL RESULTS AND RESEARCH PERSPECTIVES

ecological transition politiche urbane

progetto urbano sperimentazione

network scientifici urban project

methodologies Eco-district

prospettive di ricerca

sviluppo sostenibile

transizione ecologica assessment testing

globale urban policies

big data sperimentazione risk upscaling

research perspectives

esiti sperimentali local

rischio limiti della ricerca

global downscaling valutazione

multi-risk politiche urbane

eco-distretto research limits

locale experimental results

metodologie multirischio scientific network

sustainable development

1. Relazione fra premesse metodologiche ed esiti della sperimentazione

Relationship between Methodological Premises and Results of the Experimentation

Roberto Bologna
Università degli Studi di Firenze

Sulla scorta dei risultati della prima fase della ricerca documentati nel primo volume (*Adattarsi al clima che cambia. Innovare la conoscenza per il progetto ambientale*) e che hanno riguardato la condivisione dei riferimenti terminologici e dei concetti connotanti il tema principale della ricerca, il set degli indicatori per il controllo e il monitoraggio del progetto e le esperienze (casi di studio) di progetti e realizzazioni per l'adattamento agli effetti del cambiamento climatico, le *Research Units* hanno collaborato nella messa a punto di una metodologia generale in base alla quale hanno sviluppato attività di ricerca e progetti dimostratori nel proprio ambito geografico di riferimento.

La metodologia condivisa dalle *Research Units* è costruita attorno ai criteri di perimetrazione e classificazione delle aree oggetto di indagine e sperimentazione progettuale, ai criteri di selezione, elaborazione e strutturazione delle conoscenze in relazione alla specificità del contesto, ai modelli di interrelazione delle fasi di analisi-progetto-simulazione-verifica, ai principi di scalarità tra le componenti territoriali e urbane, alle logiche di collaborazione progettuale multidisciplinare e convergenza degli obiettivi di intervento.

Un primo passaggio fondamentale è stato la costruzione del sistema di conoscenze e l'acquisizione dei dati necessari per l'analisi delle caratteristiche dei sistemi urbani e la relazione con i livelli di vulnerabilità riconducibili agli effetti del cambiamento climatico.

I risultati conseguiti hanno riguardato in primo luogo la costruzione di mappe di conoscenza del territorio che, sommando i contributi di tutte le *Research Units*, hanno compreso molteplici aspetti:

- le componenti climatiche;
- la densità e composizione demografica;
- la consistenza delle attività economiche e produttive;
- il sistema delle infrastrutture e della mobilità;
- le caratteristiche morfo-tipologiche dei tessuti urbani e dei sistemi edilizi;
- la rete degli spazi pubblici;
- il sistema dei servizi e delle funzioni;
- il sistema del verde;
- i rischi idrogeologici e le criticità ambientali.

La valutazione degli scenari di cambiamento climatico e la sovrapposizione delle vulnerabilità determinate dalla concentrazione di alcuni caratteri sensibili del territorio in relazione al cambiamento climatico hanno consentito alle sedi di identificare le criticità ambientali rispetto alle quali sono stati orientati gli interventi progettuali con il preciso scopo di incrementare la resilienza delle aree maggiormente esposte ai rischi derivanti dal cambiamento climatico.

Based on the results of the first phase of the research documented in the first volume (Adapting to the Changing Climate. Knowledge Innovation for Environmental Design) and which provided the terminological references and concepts characterising the main research theme, the set of indicators for the control and monitoring of the project and the experiences (case studies) of projects and achievements for adaptation to the effects of climate change, the Research Units (RU) collaborated in the development of a general methodology on the basis of which they developed research activities and demonstration projects in their geographical area of reference.

The approach shared by the RU is built around the criteria of definition and classification of the areas under investigation and project experimentation, the criteria of selection, elaboration and structuring of knowledge in relation to the specificity of the context, the models of interrelation of the analysis-project-simulation-verification phases, the principles of scalarity between territorial and urban components, the logic of multidisciplinary project collaboration and convergence of intervention objectives.

A first fundamental step was the construction of the knowledge system and the acquisition of the necessary data for the analysis of the characteristics of urban systems and the relationship with the levels of vulnerability attributable to the effects of climate change. The results achieved concerned first of all the construction of knowledge maps of the territory which, adding up the contributions of all the RU, included multiple aspects: climate components; population density and composition; the consistency of economic and productive activities; the infrastructure and mobility system; the morpho-typological characteristics of the urban fabric; and building systems; the network of public spaces; the system of services and functions; the green system; hydrogeological risks and environmental criticalities. The assessment of climate change scenarios and the overlapping of vulnerabilities determined by the concentration of some sensitive features of the territory in relation to climate change have allowed the sites to identify the environmental criticality with respect to which the project interventions have been oriented with the precise aim of increasing the resilience of the areas most exposed to risks deriving from climate change.

At the same time, on the basis of specific area delimitation criteria, it was possible for each RU to classify the areas of intervention according to a downscaling approach that goes from the concept of vast area, through the identification of districts, to the definition of urban components and the nodal and linear elements on which the design scenarios are developed. Each RU has worked on different areas of intervention which, starting from large-scale meta-project scenarios, often identified as master plans within which to place the general project strategies and systemic relations between the parts subject to redevelopment, have led to the development of more precise proposals on the elements of urban space up to the building component. A further result of this first phase was the construction of repertoires of spatial and technological devices for climate adaptation to be used for the construction of design solutions and repertoires of typefaces of textiles and urban elements with respect to which to measure the interventions and verify their compatibility. With regard to the project proposals, the RU focused mainly on public space, which is the area that allows for greater margins of intervention than private space and ensures that the benefit obtained from the intervention processes can be extended, in terms of environmental requalification and improvement of the quality of life and use of urban space, to the largest part of the city's population. In line with current trends that favour a green approach to the transformations of the built environment, the solutions that for the most part have employed the RU in environmental requalification interventions derive from the application of natural elements (nature-based solutions) both plant and water type and in the form of infrastructural systems (green and blue infrastructures) or punctual. The choice to use natural elements and, in particular, forestation, derives from the research objective, made by each unit, to obtain as a concrete result a spectrum of solutions through which it is possible to implement processes not only of adaptation but also of climate change mitigation and to obtain the greatest benefits with respect to multiple critical issues: from the contrast to the heat island, to flooding caused by torrential rains, from the reduction of pollutants to the reduction of carbon dioxide emissions into the atmosphere. In this sense, the material components of the technical-constructive matrix have been mainly confined to covering elements in order to control the degree of water permeability and light reflection. Ultimately, acting on natural elements has proved to be, in all urban and territorial contexts of the project experimentations conducted by the RU, an intervention compatible with the logic and objectives of local functional and spatial redevelopment, technically and economically feasible and consistent with the objective of bringing artifact and nature into dialogue in a renewed concept of urban landscape.

In order to measure the effects of the applications of the design

In parallelo, sulla base di specifici criteri di perimetrazione delle aree è stato possibile per ciascuna *Research Unit* pervenire a una classificazione degli ambiti di intervento secondo un approccio di *downscaling* che dal concetto di area vasta, attraverso l'identificazione dei distretti, arriva alla definizione delle componenti urbane e degli elementi nodali e lineari sui quali si sviluppano gli scenari progettuali. Ciascuna *Research Unit* ha operato su ambiti di intervento diversi che, a partire da scenari metaprogettuali di ampia scala, spesso identificati come *master-plan* all'interno dei quali collocare le strategie generali di progetto e le relazioni sistemiche tra le parti oggetto di riqualificazione, hanno portato allo sviluppo di proposte più puntuali sugli elementi dello spazio urbano fino a interessare la componente edilizia.

Un ulteriore risultato di questa prima fase è stata la costruzione di repertori di dispositivi spaziali e tecnologici per l'adattamento climatico a cui poter attingere per la costruzione delle soluzioni progettuali e di repertori di caratteri tipologici dei tessuti e degli elementi urbani rispetto ai quali commisurare gli interventi e verificarne la compatibilità.

In merito alle proposte progettuali le *Research Units* si sono focalizzate prevalentemente sullo spazio pubblico ovvero l'ambito che consente più ampi margini di intervento rispetto allo spazio privato e garantisce che il beneficio ottenuto dai processi di intervento possa essere esteso, in termini di riqualificazione ambientale e di miglioramento della qualità di vita e fruizione dello spazio urbano, alla più ampia parte della popolazione cittadina.

In linea con le tendenze attuali che privilegiano un approccio *green* alle trasformazioni dell'ambiente costruito, le soluzioni che in massima parte hanno impiegato le *Research Units* negli interventi di riqualificazione ambientale derivano dall'applicazione di elementi naturali (*nature-based solutions*) sia di tipo vegetale che idrico e in forma di sistemi infrastrutturali (*green and blue infrastructures*) o puntuali. La scelta di utilizzare elementi naturali e, in particolare, la forestazione deriva dall'obiettivo della ricerca, fatto proprio da ciascuna unità di sede, di ottenere quale risultato concreto uno spettro di soluzioni attraverso le quali si possono attuare processi non solo di adattamento ma anche di mitigazione del cambiamento climatico e ottenere i maggiori benefici rispetto a molteplici criticità: dal contrasto all'isola di calore, alle inondazioni causate da piogge torrenziali, dall'abbattimento degli agenti inquinanti alla riduzione dell'immissione di anidride carbonica nell'atmosfera. In questo senso, le componenti materiche di matrice tecnico-costruttiva sono state confinate prevalentemente a elementi di rivestimento per poter controllare il grado di permeabilità idrica e di riflessione della luce.

In definitiva, agire sugli elementi naturali si è dimostrato, in tutti i contesti urbani e territoriali delle sperimentazioni progettuali condotte dalla *Research Unit*, un intervento compatibile con le logiche e gli obiettivi di riqualificazione funzionale e spaziale locali, fattibile dal punto di vista tecnico ed economico e coerente con l'obiettivo di far dialogare artefatto e natura in un rinnovato concetto di paesaggio urbano.

Al fine di misurare gli effetti delle applicazioni delle soluzioni progettuali le *Research Units* hanno fatto ricorso ad applicativi software di tipo specialistico e strumenti digitali di georeferenziazione.

I vari programmi utilizzati dalle *Research Units* e, in particolare, l'applicativo ENVI-met hanno consentito di procedere a una verifica *ex ante* dello stato di fatto

e a una verifica *ex post* dello stato di progetto e alla comparazione dei dati ottenuti. Al di là degli esiti che hanno confermato l'efficacia delle soluzioni e i benefici nei confronti degli utenti degli spazi riqualificati, il processo di simulazione ha messo in luce quanto oggi è consentito dagli applicativi di analisi predittiva che simulano il comportamento di una determinata soluzione progettuale: valutare preventivamente le prestazioni e poter intervenire con i correttivi necessari per adeguare il progetto ai risultati attesi.

Parallelamente a quanto avviene in settori specialistici come il calcolo strutturale, il comportamento termodinamico, il bilancio energetico, anche nel campo dell'adattamento e mitigazione del cambiamento climatico, gli esiti complessivi della ricerca operata dalle diverse unità evidenziano l'importante innovazione del processo progettuale che, introducendo programmi di simulazione che tengono conto della molteplicità di dati e aspetti che connotano la complessità degli interventi architettonici e urbani, non solo consentono di prefigurare la risposta ottimale garantendo con ampio margine di sicurezza l'efficienza e efficacia della concreta realizzazione ma consentono di far interagire conoscenze e competenze multidisciplinari, oggi sempre più necessarie per raggiungere obiettivi condivisi da una ampia spettro di soggetti portatori di interesse. Le ipotesi progettuali che scaturiscono dalle sperimentazioni delle *Research Units* non si configurano come soluzioni definitive e univoche, ma piuttosto come soluzioni metaprogettuali che lasciano aperto il campo anche a proposte alternative purché nell'ambito delle strategie e criteri predeterminati. Il progetto di riqualificazione urbana, infatti, non può essere solo il risultato di interventi di adattamento agli effetti del cambiamento climatico, ma necessita di essere integrato con i più generali obiettivi di pianificazione degli sviluppi urbanistici previsti dalle Amministrazioni locali.

La scelta di operare in termini di metaprogetto consente di dimostrare l'efficacia delle proposte all'interno di un quadro di fattibilità tecnica e normativa contestualizzato ma allo stesso tempo permette di calibrare le soluzioni in funzione di obiettivi di riqualificazione che vadano oltre all'adattamento e/o mitigazione del cambiamento climatico. Le sperimentazioni eseguite dalle *Research Units* indicano percorsi di riqualificazione non solo sui tessuti urbani esistenti ma anche sulle previsioni trasformative programmate dagli strumenti urbanistici.

Metodologie di analisi ed elaborazione di dati, repertori di soluzioni spaziali e tecnologiche, tassonomie e repertori di ambiti urbani di intervento, modelli di simulazione e verifica progettuale costituiscono un complesso di conoscenze e strumenti che la ricerca nel suo complesso mette a disposizione soprattutto delle Amministrazioni locali per gestire la transizione verso sistemi urbani più resilienti e rispettosi del diritto del cittadino a fruire di spazi urbani in condizioni di sicurezza, di benessere e di salute.

solutions, the RU made use of specialist software applications and digital georeferencing tools. The various programmes used by the RU and, in particular, the ENVI-met application, made it possible to carry out an ex ante verification of the state of the art and an ex post verification of the project status and to compare the data obtained. Beyond the results that have confirmed the effectiveness of the solutions and the benefits for the users of the upgraded spaces, the simulation process has highlighted what is now allowed by the predictive analysis applications that simulate the behaviour of a given design solution: to evaluate the performance in advance and to be able to intervene with the necessary corrective measures to adapt the project to the expected results. In combination with what happens in specialised sectors such as structural calculation, thermo dynamic behaviour, energy balance, also in the field of adaptation and mitigation of climate change, the overall results of the research carried out by the various units highlight the important innovation of the design process, by introducing simulation programs that take into account the multiplicity of data and aspects that characterize the complexity of architectural and urban interventions, not only allow to prefigure the optimal response guaranteeing with a wide margin of certainty the efficiency and effectiveness of the concrete realization, but also allow to make multidisciplinary knowledge and skills interact, today increasingly necessary to achieve objectives shared by a wide range of stakeholders. The project hypothesis resulting from the experimentation of the RU are not configured as definitive and univocal solutions, but rather as meta-project solutions that leave the field open to alternative proposals as long as they are within the framework of predetermined strategies and criteria. The urban regeneration project, in fact, cannot only be the result of interventions to adapt to the effects of climate change, but needs to be integrated with the more general planning objectives of urban developments envisaged by local administrations. The choice to operate in terms of meta-project allows to demonstrate the effectiveness of the proposals within a contextualized technical and normative feasibility framework but at the same time allows to calibrate the solutions according to requalification objectives that go beyond climate change adaptation and/or mitigation. The experiments carried out by the RU indicate redevelopment paths not only on the existing urban fabric but also on the transformational forecasts planned by the urban planning instruments. Methodologies of analysis and data processing, repertoires of spatial and technological solutions, taxonomies and repertory of urban areas of intervention, models of simulation and design verification constitute a complex of knowledge and tools that the research as a whole makes available especially to local administrations to manage the transition towards more resilient urban systems and respectful of the citizen's right to enjoy urban spaces in conditions of safety, well-being and health.

2. Esiti della ricerca, valutazione delle sperimentazioni, sviluppi di metodo

Outcome of the Research, Evaluation of the Experimentation, Methodological Development

Fabrizio Tucci
Sapienza Università di Roma

The years of research and experimentation that have resulted in the present publication have addressed fields in which extremely interesting advances have been developed during the same period, with respect to adaptation to climate change on the part of architectural works, districts and cities as an integrated, innovative and measurable response to the climatic vulnerability of urban systems, starting with acknowledgment of the priorities identified on the local scale, in order to formulate methodologies, strategic guidelines, solutions of experimental design and technological innovation, along with procedures for the simulation and comparative evaluation of the performance levels obtained through various design applications, all of them closely tied to their contexts of application.

During the experimental phases, it became clear, in practical terms, that the adaptive design approach must be supported by a dynamic organisation of the overall design effort, geared towards lowering the intensity of the characteristics of the various components of the urban system (complex urban elements, buildings, open spaces, infrastructures), with respect to the effectiveness of their climatic and environmental performance (Santamouris, 2016; EEA, 2018), reducing instances of climate vulnerability that are due in part to dependency on processes in the overall system characterised by conventional operating conditions (IPCC, 2019; IFC, 2020), and as regards the extent to which possible innovative responses affect building stock and available resources – socioeconomic and environmental, but also materials and energy – including their rational and efficient use, in relation to the specific features of the context (EC, 2020; EEA, 2020).

Scenarios were simulated, design solutions were proposed and technological and environmental performance levels were evaluated, with attention focussed on the need to define methodologies, procedures and operational instruments capable of channelling initiatives involving the urban system in the direction of suitable levels of adaptation and resilience in response to climatic risk: focussed, flexible responses - characterised by an eco-systemic, procedural and technologically innovative approach when it comes to construction products, processes

Le attività di anni di ricerca e sperimentazione che hanno condotto alla presente pubblicazione si sono misurate con gli interessanti campi di avanzamento, in corso di sviluppo in questi anni, sul tema dell'adattamento ai cambiamenti climatici di architettura, distretti, città, come risposta integrata, innovativa e misurabile, alla vulnerabilità climatica dei sistemi urbani, a partire dal riconoscimento delle priorità individuate alla scala locale, per definire metodologie, linee di indirizzo strategico, soluzioni progettuali sperimentali e di innovazione tecnologica, modalità di simulazione e valutazione comparativa delle *performance* ottenute con le differenti applicazioni progettuali, tutte fortemente legate ai contesti di applicazione.

Nelle fasi sperimentali si è toccato con mano quanto l'approccio progettuale adattivo presupponga un'organizzazione dinamica del processo progettuale teso a de-intensificare le prestazioni del sistema urbano nelle sue componenti (elementi urbani complessi, edifici, spazi aperti, infrastrutture) in relazione alla efficacia dei loro comportamenti climatico-ambientali (Santamouris & Kolokotsa, 2016; EEA, 2018), riducendone la vulnerabilità climatica dovuta anche alla dipendenza da processi in filiera che caratterizzano convenzionali condizioni di esercizio (IPCC, 2019; IFC, 2020). E quanto le possibili risposte innovative investano il costruito e le risorse disponibili - socioeconomiche, ambientali oltre che materiali ed energetiche - nonché il loro uso razionale ed efficiente, secondo le specificità di contesto (EC, 2020; EEA, 2020).

Si sono simulati scenari, proposte soluzioni progettuali e valutate prestazioni tecnologiche e ambientali, focalizzando l'attenzione sulla necessità di definire metodologie, procedure e strumenti operativi in grado di indirizzare gli interventi sul sistema urbano verso appropriati gradi di adattamento e resilienza in relazione al rischio climatico. Risposte focalizzate e flessibili - improntate a un approccio eco-sistemico, processuale e di innovazione tecnologica in termini di prodotti edilizi, processi e strategie progettuali - che si presentano in linea con la riduzione della vulnerabilità dello spazio urbano e con l'incremento della sua resilienza.

Un aspetto molto importante è stato quello di indagare i termini dell'applicabilità e dell'efficacia delle metodologie, sperimentazioni e soluzioni progettuali proposte, in modo che costituissero risposte misurabili e confrontabili per processi di rigenerazione dei distretti urbani sia in termini di riduzione dell'esposizione ai rischi climatici, che di ricadute sui processi di inclusione sociale e di sostenibilità economica. L'ottica è stata sempre quella di concepire tali proposte:

- confrontabili, in base a un *core set* di indirizzi, strategie e indicatori individuati nella prime fasi delle attività di ricerca;
- tematiche, perché riconducibili ai principi di resilienza e adattabilità al cambiamento climatico;

- innovative, sia di *governance* dei processi e che di soluzioni tecnologico-ambientali e di prodotto;
- sostenibili, anche dal punto di vista dello sviluppo locale e sociale.

In effetti si può dire, in estrema sintesi, che obiettivo ultimo delle attività di ricerca e sperimentazione illustrate sia stato quello di definire un quadro di conoscenze condiviso e di proporre strategie di approccio con modelli di *governance* urbana *climate-oriented* con metodologie d'intervento che vedano sempre le soluzioni di *design* adattivo confrontabili, replicabili e misurabili.

Le metodologie applicate nelle varie fasi della ricerca sono state di tipo “analitico-deduttivo” per la confrontabilità e la normalizzazione dei dati raccolti dalla reportistica e dalla letteratura internazionali, di tipo “simulativo” per l’analisi degli scenari e la comparazione di soluzioni tecniche, ambientali e sistemiche nell’ambito di reali casi di studio applicativo, e di tipo “sperimentale” per la prefigurazio-

and design strategies - in keeping with efforts to reduce the vulnerability of the urban space and augment its resilience.

A very important part of the work was investigating the specifics of the applicability and effectiveness of the methodologies, the experimentation and the design solutions proposed, in order to obtain responses suitable for measurement and comparison, so as to contribute to the renewal of urban districts both by reducing exposure to climate risks and in terms of positive fallout on processes of social inclusion and economic sustainability. The outlook has stressed designing such proposals to be:

- suitable for comparison, based on a core set of guidelines, strategies and indexes identified in the initial phases of the research;
- thematic, being traceable to principles of resilience and adaptability to climate change;
- innovative, in terms of both the governance of procedures and the technological-environmental and product solutions;
- sustainable, with holding for local and social development as well.

In short, it can be said that the end goal of the activities of research and experimentation illustrated is to construct a widely accepted framework of knowledge while proposing strategies for approaches that utilise climate-oriented models of urban governance, under operating methodologies whose solutions of adaptive design always prove to be comparable, repeatable and measurable.

The methodologies applied during the various phases of the research were analytical-deductive in nature, so as to ensure that the data collected from the reporting and the international literature could be compared and normalised, and they were also simulative, for the sake of analysing scenarios and comparing technical, environmental and systemic solutions within a framework of real applied case studies, in addition to being experimental, making possible advance formulation of processes of decision-making, prototyping and validation of results through the projects of corroboration applied to such case studies.

The specific scope consists of a variety of projects of corroboration, involving a series of problematic situations found in sample areas in outlying or marginalised zones of the cities of (from Southern to Northern Italy) Naples, Rome, Florence and Milan, all in the interests of formulating projections, guidelines for development, scenarios of innovation and experimentation, both design-based and systematic. Operating procedures valid at different scales were used to determine points of correspondence between the effective management of resources, the governance of processes and the enactment of micro and macro initiatives of renewal to reduce the climatic vulnerability of the urban system at the scales of the district, the building and the open space.

A key focus of the research, after that of drawing up methodological frameworks for the strategic guidelines and the initiatives

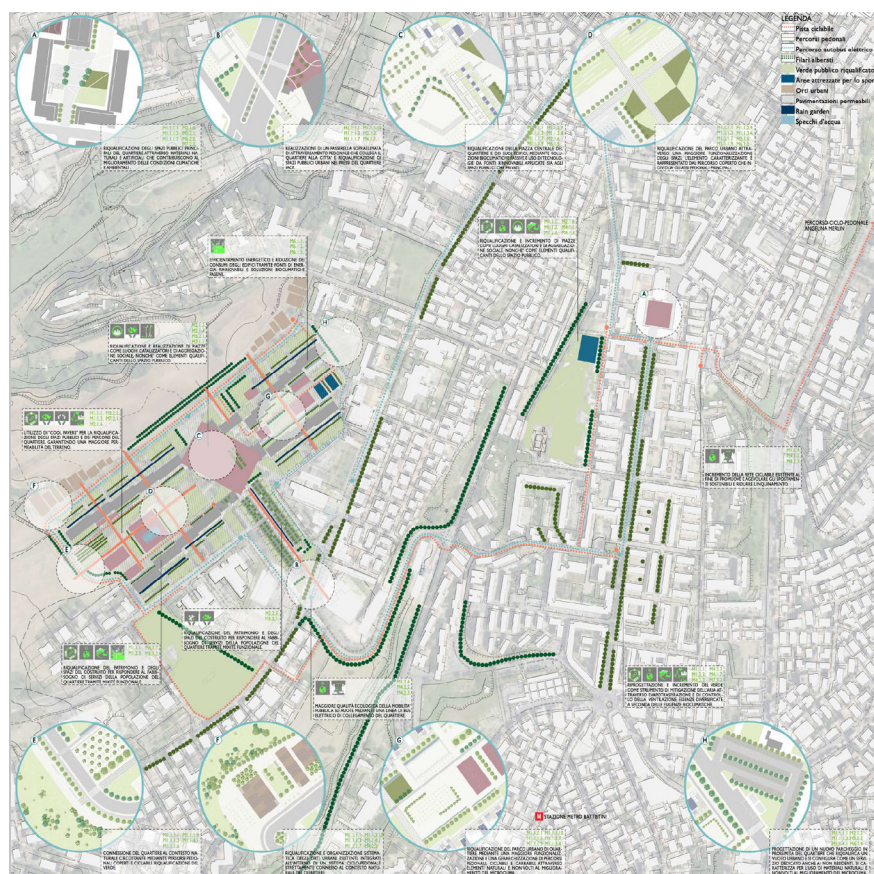


Fig. 1 - Sviluppo sperimentale nel progetto dimostratore applicato sul quartiere ERP di Primavalle, Roma, con indicazione delle strategie e misure di intervento, e delle specifiche azioni di retrofitting degli spazi pubblici / Experimental development in the demonstrator project applied to the ERP District of Primavalle, Rome, with indication of the intervention strategies and measures, and of the specific retrofitting actions of public spaces (Source: Elaboration by Research Unit Sapienza Università di Roma).

of implementation, was the formulation of a methodology of simulation-evaluation capable of effectively addressing the specific features of any single initiative, while also lending itself to valid general application for adaptive solutions in different contexts.

The results obtained through simulations in different settings of Southern, Central and Northern Italy, confirmed through the identification and combined use of key indexes for environmental parameters, show that design decisions, when taken within the framework of the strategic guidelines and approaches presented in Part I of the book, make it possible to correct problematic situations affecting the constructed urban environment where the intervention is to be carried out, renewing public spaces by restoring a more liveable environment, heightened bioclimatic quality and ensuring a greater capacity for adaptation to the primary categories of the phenomena generated by climate change.

Climate adaptive design was confirmed as a methodology of intervention suitable for, and consistent with, the upgrading of open, intermediate and confined spaces, in line with the green-city format (OECD, 2016; CNGE, 2019), while the tools used have made it possible to gather the results sought with respect to responsiveness to situations requiring adaptation, even in light of realistic forecasting (WMO, 2020) pointing to rising temperatures, increased incidence of heat islands and extreme manifestations of (among other phenomena) wind, typhoons, urban flash floods and pluvial flooding, all due to ongoing climate change, with identification of spaces that are more resilient and adaptive to such effects, thanks to the characteristics and performance levels defined.

The experimentation has produced possible strategic models for parameter-driven increases in climatic adaptability, and in the practical and environmental quality of urban and residential spaces, including the use of cross-analysed evaluations of repercussions on performance arising from the interface with microclimatic factors, as well as with ecological, intelligent management of water and with the bioclimatic enhancement of the role of greenery, a model organised around two primary categories:

- considerations of methodology, strictly speaking, with the construction of a system to ensure the suitability for use of both innovative and traditional technologies, based on variations in the combined data for the environmental and practical context, for the biophysical and microclimatic characterisations, for factors of natural ventilation and solar radiation, and as regards the nature of the materials and components employed;
- considerations specific to application, through the formulation of more effective and efficient design solutions in the actual urban settings in which initiatives of upgrading and retrofitting are combined with the technological and functional reorganisation of the spaces where intervention occurs.

ne di processi decisionali, di prototipazione e di validazione dei risultati attraverso progetti dimostratori applicati su quei casi di studi.

Nello specifico, il campo applicativo è stato quello dei diversi progetti dimostratori con criticità differenziate ubicati in aree campione periferiche e marginali delle città (per ripercorrere lo stivale da sud a nord) di Napoli, Roma, Firenze e Milano, per indicare proiezioni, linee di sviluppo, scenari di innovazione, sperimentazioni progettuali e sistemiche. Con modalità operative interscalari si sono definite corrispondenze tra la gestione efficace delle risorse, la *governance* dei processi e l'attivazione di micro e macro interventi di rigenerazione, per ridurre la vulnerabilità climatica del sistema urbano alla scala del distretto, degli edifici e degli spazi aperti.

Un punto nodale delle ricerche condotte, dopo quello della elaborazione dei quadri metodologici relativi agli indirizzi strategici e alle azioni di intervento, è stata la messa a punto di una "metodologia simulativo-valutativa" che avesse in sé la capacità di dimostrarsi efficace nelle specificità del singolo caso d'intervento ma al contempo generalizzabile e valida per l'applicazione adattiva nei differenti contesti.

I risultati ottenuti dalle simulazioni nei differenti contesti italiani di sud, centro e nord, verificati attraverso la scelta e l'utilizzo combinato degli indicatori-chiave relativi ai parametri ambientali, evidenziano che le scelte progettuali, operate nell'ampio quadro degli indirizzi e assi strategici presentati nella Parte I del libro, mostrano come sia possibile correggere gli elementi di criticità presenti nell'ambito di ambiente costruito urbano ove si sceglie di intervenire, e a restituire agli spazi pubblici una migliore vivibilità ambientale, una maggiore qualità bioclimatica e una più elevata capacità di adattamento alle prevalenti categorie di fenomeni derivanti dai cambiamenti climatici.

Il *climate adaptive design* si conferma una metodologia d'intervento adeguata e coerente di riqualificazione degli spazi aperti, intermedi e confinati nella direzione delle *green city* (OECD, 2016; CNGE, 2019), e la strumentazione utilizzata ha consentito di cogliere i risultati attesi di rispondenza alle esigenze di adattamento, anche in una realistica previsione (WMO, 2020) di aumenti delle temperature, di accentuazione degli effetti dell'isola di calore, di arrivo delle ondate di calore e di estremizzazione dei fenomeni (tra gli altri) di ventosità, tifoni, *urban flash floods* e *pluvial flooding* dovuti ai cambiamenti climatici in atto, definendo spazi più resilienti e adattivi a tali effetti con caratteristiche e prestazioni definite.

La sperimentazione ha prodotto possibili modelli strategici di incremento parametrizzato dell'adattività climatica e della qualità fruitiva e ambientale dello spazio urbano e residenziale, attuato anche con valutazioni incrociate delle ricadute prestazionali scaturenti dall'interfaccia con i fattori microclimatici, con la gestione ecologica e intelligente delle acque e con la valorizzazione bioclimatica del ruolo del verde, modello che si articola in due prevalenti categorie:

- quella propriamente metodologica, con la costruzione di un sistema di usabilità di tecnologie innovative e tradizionali in relazione al variare dei dati combinati di contesto ambientale e fruitivo, dei caratteri biofisici e microclimatici, dei fattori di ventilazione naturale e irraggiamento solare, e di natura dei materiali e componenti impiegati;
- quella specificamente applicativa, con la messa a punto delle soluzioni progettuali più efficaci ed efficienti negli specifici contesti urbani dove verranno

realizzate le azioni di riqualificazione e retrofitting integrate con quelle di riorganizzazione tecnologica e funzionale degli spazi oggetto di intervento.

La costruzione di un modello d'uso di tipologie di interventi tecnologici si presenta con una dimensione innovativa per gli interventi in sé e "sistemica" per la loro replicabilità in futuri progetti con contesti analoghi che potranno avvalersi dei continui miglioramenti frutto delle successive applicazioni (Tucci et al., 2020).

In conclusione, l'aspetto sperimentale della ricerca si fonda sul tentativo - tuttora in evoluzione, e dunque esso stesso necessariamente adattivo rispetto ai futuri sviluppi delle ricerche e dei progetti - di poter adottare un modello "flessibile", "valutabile" nelle ricadute prestazionali combinate, "utile" in termini applicativi per uno specifico contesto, ma anche generalizzabile.

Gli strumenti di *simulation and modelling* impiegati assicurano una maggiore affidabilità rispetto a metodiche tradizionali e consentono di assumere scelte progettuali e decisioni più pertinenti e adeguate con una maggiore probabilità di successo. Tuttavia, sembra opportuno nei prossimi sviluppi agire su due aspetti potenzialmente evolutivi della ricerca: approfondire la metodica di rilevazione dei comportamenti prestazionali dei fattori biofisici e microclimatici nelle fasi di

The construction of a model for the use of different types of technological initiatives proves to be an innovative development both as regards individual initiatives and on a systemic level, with respect to the possibility of replicating the efforts in future projects carried out in similar contexts, so as to benefit from ongoing improvements generated by subsequent applications (Tucci et al., 2020).

In conclusion, the experimental aspect of the research is focused on an attempt - which is still evolving, meaning that it too must necessarily adapt to future developments in research and projects - to arrive at a model that is flexible, that lends itself to evaluation with respect to overall fallout on performance levels, and that proves useful when applied to specific contexts, but is also relevant to the general, systemic outlook. The tools of simulation and modelling employed ensured heightened reliability, compared to traditional methods, making possible design approaches and other decisions that are more relevant and better suited to the problems addressed, and therefore have a greater probability of success. Still, it

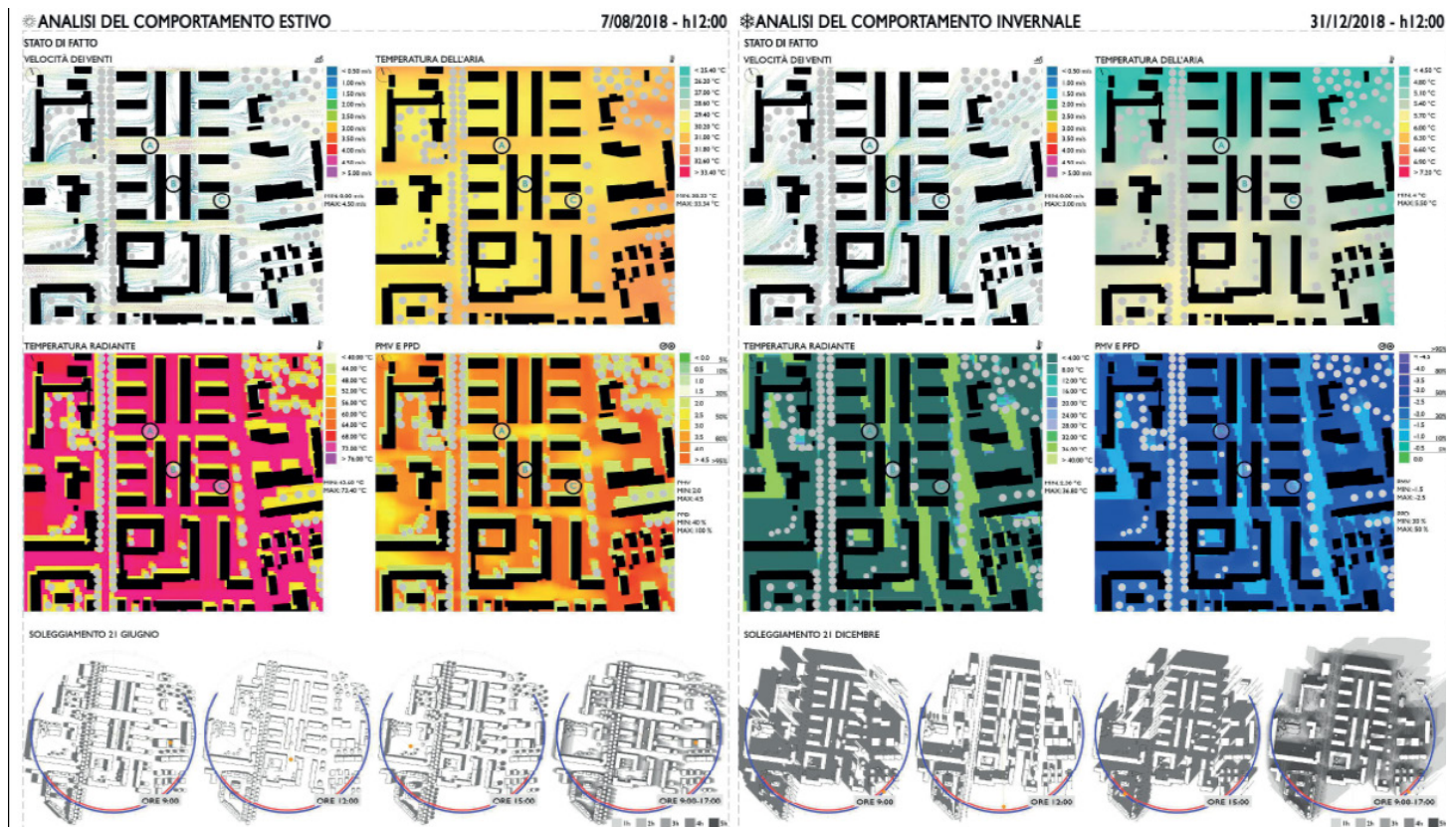


Fig. 2 - Elaborazioni di *simulation and modelling* relative ai principali comportamenti bioclimatici estivi e invernali nello stato *ante operam* e *post operam* dei progetti dimostratori nel quartiere ERP di Roma / *Simulation and modeling processing related to the main summer and winter bioclimatic behaviors in the ex ante and ex post state of the demonstration projects in the ERP Districts of Rome* (Source: Elaboration by Research Unit Sapienza Università di Roma).

would seem best, in the course of ongoing developments, to work on two areas with potential for further improvement in the research: more in-depth elaboration of the methodology for gauging the performance of biophysical and microclimatic factors during the phases in which the current state of things is analysed; increasing the reliability of the data gathered through readings, with the sensors employed, whether on a sample and/or systemic basis; making use of smart and digital technologies on an increasingly systemic, in-depth basis; and continuing with the ongoing refinement of the framework of indexes needed to provide parameters of reference in support of design decisions.

The research and experimentation carried out is always 'in progress', seeing that the design of city spaces, whether open or confined, in a manner that respects the needs and demands of both today and tomorrow, together with the conceptualisation of public spaces capable of addressing, adapting to and mitigating the effects of climate change, makes it possible to revive spaces for social intercourse and collective life, favouring social integration while encouraging and supporting mutual co-existence, and, in the ultimate analysis, heightened the belief that a more desirable future awaits our cities.

analisi dello stato di fatto; aumentare l'attendibilità dei dati con rilevazioni, sensoristica usata a campione e/o in modo sistematico; ricorrere in modo sempre più sistematico e approfondito alle *smart and digital technologies*; e proseguire nel costante necessario affinamento del quadro di indicatori tesi a fornire la parametrica di riferimento per supportare le scelte progettuali.

Si tratta di una ricerca e di una sperimentazione costantemente *in progress*, con la consapevolezza che progettare gli spazi aperti e confinati delle città in modo appropriato rispetto a quelle che saranno le esigenze odierne e future, pensare spazi pubblici capaci di fronteggiare, adattare e mitigare gli effetti del cambiamento climatico, permette di ripristinare gli spazi della socialità e del vivere comune, di rigenerare lo spazio per favorire l'integrazione sociale, di incoraggiare e supportare l'abitare insieme e, in definitiva, di credere in un futuro più desiderabile delle nostre città.

References

- CNGE Consiglio Nazionale della Green Economy (2019), *Programma di transizione alla Green Economy in Italia edizione 2019*, Stati Generali della Green Economy, Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, Ministero dello Sviluppo Economico, Ecomondo Pubblicazioni, Rimini.
- EC European Commission (2020), *Green City Accord. Clean and Healty Cities for Europe*, EU Publishing, Brussels.
- EEA European Environment Agency (2018), *Adapting to climate change: European countries assess vulnerability and risks*, Publications Office of the European Union, Luxembourg.
- EEA European Environment Agency (2020), *Urban adaptation in Europe: how cities and towns respond to climate change*, report n. 12, , Publications Office of the European Union, Luxembourg.
- IFC Italy for Climate (2020), *Italy Climate Report. La roadmap I4C per la neutralità climatica dell'Italia*, SUSDEF Publications, Roma.
- IPCC Intergovernmental Panel on Climate Change (2019), *Climate Change and Land*, Cambridge University Press, Massachusetts.
- OECD Organisation for Economic Co-operation and Development (2016), *Green Cities Programme Methodology*, ICLEI Local Governments for Sustainability, European Bank for Reconstruction and Development, EBRD Publishing, London, Paris.
- Santamouris, M., Kolokotsa, D. (eds) (2016), *Urban Climate Mitigation Techniques*, Routledge, London.
- Tucci, F., Cecafosso, V., Caruso, A. & Turchetti, G. (2020), *Adattamento ai cambiamenti climatici di architetture e città green. Assi strategici, indirizzi, azioni d'intervento per la resilienza dell'ambiente costruito*, Franco Angeli, Milano.
- WMO World Meteorological Organization (2020), *Provisional Report on the State of the Global Climate*, WMO, available at: https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=10444.

3. Efficacia metodologica, limiti e criticità della ricerca

Methodological Effectiveness, Limits, Criticalities of the Experimentations

Elena Mussinelli
Politecnico di Milano

Il valore di un'attività di ricerca si esprime non solo nei risultati e nelle potenzialità applicative, ma anche nella capacità di mettere in luce criticità e problematiche correlate alla ricerca stessa e al più ampio scenario di applicazione. Elementi questi ben chiariti in tutti i testi che costituiscono le pubblicazioni esito delle attività.

Nello sviluppo e nella resocontazione della ricerca si è più volte rilevata e sottolineata l'importanza dei momenti di acquisizione e approfondimento delle basi di conoscenza necessarie a supportare sia gli aspetti teorico-metodologici, sia le attività di rilevamento e valutazione delle criticità nei contesti selezionati per l'intervento sperimentale.

In relazione a questo aspetto, una problematica di indubbia rilevanza è relativa alla disponibilità e affidabilità dei dati e delle informazioni nei diversi ambiti territoriali e urbani, in particolare per quanto concerne le basi di dati geotopografiche e i sistemi informativi ambientali, e i correlati modelli relazionali per la gestione delle informazioni territoriali e per l'utilizzo di operatori metrici e topologici.

Si tratta anche in questo caso di un tema complesso, in quanto «a seconda del contesto teorico e d'indagine e del soggetto elaboratore del dato e produttore di informazioni, ci si trova di fronte a definizioni di “dato” e “qualità” differenti e variabili di caso in caso: mondi scientifici e linguaggi differenti influiscono sulla formulazione dei singoli concetti» (APAT, 2002). Occorre inoltre considerare gli elementi di incertezza connessi alla variabilità dell'ambiente e delle sue componenti, e i limiti oggettivi nella possibilità di rappresentare e modellare fenomeni ambientali complessi e dinamici; queste attività sono infatti condizionate anche da fattori soggettivi, legati alla tipologia di osservatore e alle finalità stesse dell'osservazione, in quanto dati, modelli e informazioni provenienti da fonti diverse non devono solo essere acquisiti, ma anche elaborati e interpretati in funzione di specifici obiettivi.

I sistemi di rilevamento, gestione e accesso ai dati, pur se notevolmente implementati nell'ultimo decennio soprattutto con riferimento al livello regionale, non sono sempre in grado di fornire basi conoscitive adeguate alla descrizione delle condizioni ambientali e climatiche di scala locale, funzionali quindi alla descrizione *site-specific* dei contesti di intervento.

Le sperimentazioni sviluppate nelle diverse sedi hanno di fatto dovuto rapportarsi con situazioni anche molto diversificate per quanto concerne la consistenza, l'aggiornamento, l'affidabilità e il grado di risoluzione dei dati e dei rilevamenti disponibili, con l'emergere di carenze che, in alcuni casi, hanno comportato un significativo impegno surrogatorio, sia attraverso rilevamenti sul campo (anche con l'emergere di differenze tra i *data set* ufficiali e quelli *on-field*), sia mediante azioni di ripensamento degli stessi modelli analitici e valutativi.

Le attività di *testing* avanzato hanno inoltre positivamente messo in luce come

The value of a research activity is revealed not only by results and potential applications, but also by the ability to highlight criticalities and issues related to the research itself as well as to the broader application scenario. These elements are well clarified in all the contributions that make up the publications resulting from the conducted activities. In the development and dissemination of the research, the importance of the moments of acquisition and detailed study of the knowledge necessary to support both the theoretical-methodological aspects and the detection and assessment of critical issues in the selected contexts for the experimental interventions, has repeatedly noted and emphasized.

With reference to this aspect, an unquestionable problem is related to the availability and reliability of data and information in the different territorial and urban contexts, in particular with regards to the geo-topographic databases and environmental information systems and to the related relational models for the management of territorial information and for the use of metric and topological operators.

This is a complex issue as well, since «depending on the theoretical and investigation context and on the subject processing the data and producer of information, we are faced with different and variables definitions of “data” and “quality”»: scientific worlds and different languages influence the formulation of single concepts» (APAT, 2002). Moreover, we have to consider the elements of uncertainty related to the variability of the environment and its components, and the objective limits in the possibility of representing and modeling complex and dynamic environmental phenomena. In fact, these activities are also conditioned by subjective factors, linked to the type of observer and the purposes of the observation, since data, models and information from different sources must not only be acquired, but also elaborated and interpreted according to specific objectives.

The systems of detection, management and access to data, although significantly implemented in the last decade especially at the regional level, are not always able to provide adequate knowledge bases for the description of environmental and

climatic conditions on the local scale, therefore functional to site-specific description of the intervention contexts. The experiments developed in the various sites faced diversified situations about the consistency, updating, reliability and degree of resolution of the available data and surveys. With the emergence of shortcomings which, in some cases, implied a significant surrogacy effort, through field surveys (also with the emergence of differences between the official and on-field data sets) as well as through a rethinking of the analytical and evaluation models. The advanced testing activities also positively highlighted how the use of certified equipment on “real” models (in this case mock-up of envelopes in production) has allowed the detection, measurement and processing of a considerable amount of data reliable and effective in the feedback of the performance frameworks. On the other hand, it emerged that the phenomenal complexity observed in this type of test probably requires further instrumental advancements, in order to transfer elements of knowledge and verification from other disciplinary fields (physics of flows, meteorology, etc.) to the field of technology, integrated due to the multiscale nature of the analytical and design approaches. As in the case of the actions of survey and direct detection of the necessary information for correctly driving the design process, it should be noted that the acquisition and use of specific software (e.g. GIS and ENVI-met) for the management and data modeling and for simulation and verification activities represents a demanding commitment in economic-instrumental terms as well as in terms of the workload of human resources that must be characterized by adequate skills. This is an important aspect to consider in order to correctly evaluate the transferability of the method in the context of public administrations, which are often not sufficiently equipped for these purposes.

These criticalities, experienced also in this research and partially related to structural reasons, should not, however, undermine the necessity to develop actions for the climate change adaptation and mitigation, by raising, on the one hand, levels of awareness and attention to environmental emergencies and, on the other hand, by adapting the methodological proposals to cultural and instrumental conditions for an effective feasibility. The research offers a contribution of advancement, although not decisive, for this complex action.

A further element of reflection about the expected dissemination of the proposed methodology concerns the limits and shortcomings connected to the current forms of political-cultural governance and to the tools of urban planning for urban regeneration. Governance and tools that should not only recognize the environmental and social benefits of the proposed solutions and integrate them into planning practices, but also enhance

l'utilizzo di attrezzature certificate su modelli “al vero” (in questo caso *mock-up* di involucri in produzione) abbia consentito la rilevazione, misura ed elaborazione di una notevole quantità di dati affidabili ed efficaci nella restituzione di quadri prestazionali. Di contro, è però emerso come la complessità fenomenica osservata in questo tipo di test richieda probabilmente ulteriori avanzamenti dal punto di vista dell'innovazione delle strumentazioni, per trasferire al campo della tecnologia elementi di conoscenza e verifica provenienti da altri ambiti disciplinari (fisica dei flussi, meteorologia, etc.), integrati in ragione della multiscale nature degli approcci analitici e progettuali.

Come nel caso delle azioni di ricognizione e rilevamento diretto delle informazioni necessarie e spesso indispensabili al fine di orientare correttamente il processo progettuale, va poi rilevato che l'acquisizione e l'impiego di *software* dedicati (particolarmente GIS ed ENVI-met) per la gestione e modellazione dei dati e per lo svolgimento delle attività di simulazione e verifica rappresenta un impegno oneroso sia in termini economico-strumentali, sia per quanto riguarda il carico di lavoro di risorse umane che devono essere caratterizzate da adeguate competenze. Un aspetto rilevante da considerare per valutare correttamente la trasferibilità del metodo nel contesto delle Pubbliche Amministrazioni, sovente non sufficientemente attrezzate a questi scopi.

Tali criticità, sperimentate anche nella presente ricerca e legate in parte a ragioni e condizioni di tipo strutturale, non devono però fare ombra alla necessità di avviare in ogni caso azioni mirate all'adattamento e alla mitigazione del *climate change*, innalzando da un lato i livelli di consapevolezza e di attenzione alle emergenze ambientali e adattando dall'altro le proposte metodologiche a condizioni culturali e strumentali che le rendano poi efficacemente praticabili. Azione non semplice, rispetto alla quale la ricerca offre certamente un contributo di avanzamento, pur se certamente non risolutivo.

Un ulteriore elemento di riflessione circa l'auspicata diffusione della metodologia proposta riguarda i limiti e i condizionamenti connessi alle attuali forme di *governance* politico-culturale e agli strumenti della programmazione urbanistica per la rigenerazione urbana; *governance* e strumenti che dovrebbero non solo riconoscere i benefici ambientali e sociali delle soluzioni proposte e integrarle nelle prassi pianificatorie, ma anche valorizzare le ricadute positive da queste generate sul piano economico (servizi ecosistemici e costi evitati), inserendole in modo cogente all'interno dei modelli di *business plan* che supportano i processi di trasformazione urbana.

Tra i limiti della ricerca occorre segnalare che, come spesso accade per attività che si sviluppano entro un arco temporale relativamente circoscritto, il livello di verifica praticato si attesta al momento della valutazione delle simulazioni progettuali e del *testing* in laboratorio, non essendo le proposte progettuali avanzate sino alla scala attuativa. È peraltro evidente che gli esiti di test e simulazioni richiederebbero invece un ulteriore *step* di controllo attraverso il monitoraggio in sito dei progetti nella loro fase di esercizio, al fine di confrontare i benefici ambientali effettivamente generati con le condizioni *ex ante* e con quelle simulate.

Il tema di una continua osservazione delle opere durante il loro ciclo di vita costituisce in ogni caso una fase critica del processo, non essendosi ancora radicata nel contesto italiano una adeguata cultura del monitoraggio *ex post*, così come è ancora insufficiente quella della cura e della manutenzione. Si tratta di una caren-

za generalizzata, riscontrabile anche nel contesto delle procedure di VAS e VIA alla scala dei piani e dei progetti, per le quali la predisposizione di appositi piani e sistemi di indicatori è invece elemento cogente del procedimento, e non solo allegato pro-forma. Piani e indicatori che poi raramente vengono messi in atto, non solo vanificando l'efficacia del processo valutativo e non dando quindi riscontro delle reali dinamiche di impatto ambientale generate da piani e progetti, ma anche perdendo una utile opportunità di implementazione della conoscenza circa lo stato dell'ambiente a livello di aree e di siti, che potrebbe integrare almeno in parte le già citate carenze delle basi di dati. Va del resto segnalato che simili carenze sono state riscontrate anche in molti dei casi studio analizzati, per i quali è stato spesso possibile acquisire informazioni e dati relativamente alle condizioni *ex ante* e ai benefici ambientali stimati in fase di progetto, mentre questi sono risultati quasi del tutto assenti per quanto concerne il comportamento e i benefici ambientali delle opere realizzate.

Per quanto concerne l'importante obiettivo del progetto di ricerca circa l'elevata trasferibilità del metodo proposto, fatte salve le considerazioni sopraesposte, si ritiene che la struttura metodologica esitata presenti un alto grado di replicabilità in realtà urbane anche tra loro molto differenti, come gli stessi casi sperimenta-

the positive effects generated at the economic level (ecosystem services and avoided costs), including them in a mandatory way within the business plan models that support urban transformation processes.

Among the research limits, it should be noted that, as often happens for activities developed within a relatively limited period, the level of verification is referred to the evaluation of the design simulations and of the laboratory testing, since the project proposals are not advanced up to the implementation scale. It is also clear that the results of tests and simulations would instead require a further control step through on-site monitoring of the projects in their operational phase, in order to compare the environmental benefits actually generated with the ex ante conditions and with those simulated. The issue of a continuous observation of the works during their life cycle represents in any case a critical phase of the process, since an adequate culture of ex post monitoring is not yet rooted in the Italian context, as well as the care and maintenance is still insufficient. This is a generalized lack, recognizable also in the context of the SEA and EIA procedures at the scale of plans and projects, for which the definition of specific plans and systems of indicators is a mandatory element of the procedure and not just a formal step. Plans and indicators that are then rarely implemented, in this way affecting the effectiveness of the evaluation process and therefore not giving feedback on the real dynamics of environmental impacts, as well as losing the opportunity to implement knowledge about the state of the environment at area and site level, which could at least partially integrate the aforementioned shortcomings of the existing databases. It should also be noted that similar shortcomings were also found in many of the analyzed case studies, for which it was often possible to achieve information and data relating to the ex ante conditions and to environmental estimations at the design stage, whereas the effective environmental benefits of the realized interventions were almost absent.

With reference to the important objective of the research of high transferability of the proposed method, a part from the above-mentioned considerations, the methodological structure shows a marked degree of replicability in urban contexts that are also very different from one another; such as same experimental cases demonstrate. At the same time, the limits to the transferability of technical solutions are more relevant, the use of which in different contexts requires in any case site-specific controls, in order to understand whether settlement, physical-spatial, meteorological and environmental conditions substantially similar to those experienced in the research are present. An action that can actually be useful in the preliminary stages of identification of the areas of intervention and for an

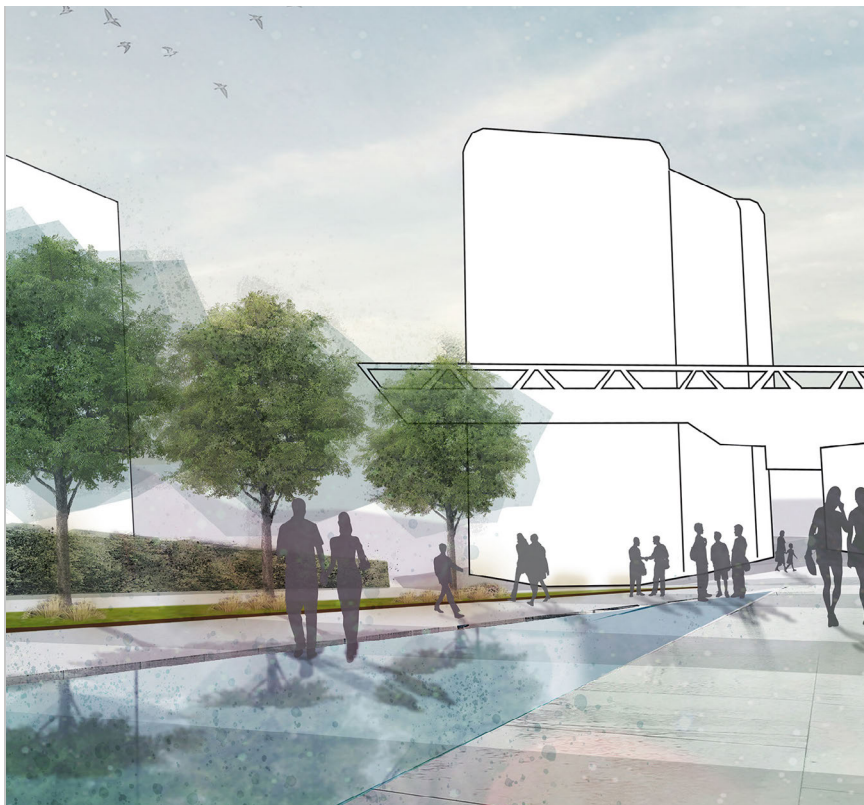


Fig. 1 - Esempio di approfondimento in termini applicativi *site-specific*: proposta progettuale per lo spazio pubblico antistante la stazione di Rogoredo a Milano / *Example of in-depth analysis in site-specific application terms: project proposal for the public space in front of the Rogoredo station in Milan* (Source: Elaboration by Urban Curator TAT association).

initial approach for the definition of the project objectives and actions. In this sense, the results of the research are certainly useful for understanding the real extent of the environmental benefits generated by the proposed technical solutions and their effectiveness in tackling climate change and increasing urban resilience, with a balanced assessment of opportunities for choices, which also entail a certain onerousness not only in the construction phase, but also - as pointed out - in the subsequent operating phases (management and maintenance costs).

In relation to the procedural complexity of the environmental project, a specific consideration also concerns the methods of downscaling and upscaling; the application of these methods has highlighted the necessity of particular caution and attention, especially in the perspective of a proper assessment of the environmental benefits, often overestimated, especially when parametric values scaled to the territorial dimension or to different local conditions in physical and performance terms are applied.

li dimostrano. Più rilevanti sono invece i limiti alla trasferibilità delle soluzioni tecniche, il cui impiego in contesti diversi richiede in ogni caso verifiche *site-specific*, al fine di comprendere se si presentino condizioni insediative, fisico-spaziali, meteorologiche e ambientali sostanzialmente analoghe a quelle sperimentate nella ricerca; una azione che in effetti può risultare utile nelle fasi preliminari di individuazione delle aree di intervento e per un primo approccio alla definizione di obiettivi e azioni progettuali.

Gli esiti della ricerca sono in questo senso certamente utili per comprendere la portata reale dei benefici ambientali generati dalle soluzioni tecniche proposte e la loro efficacia nel contrasto al *climate change* e nell'incremento della resilienza urbana, con una equilibrata valutazione circa l'opportunità di scelte che comportano anche una certa onerosità non solo nella fase realizzativa, ma anche - come sottolineato - nelle successive fasi di esercizio (costi di gestione e manutenzione).

In relazione alla complessità processuale del progetto ambientale, una considerazione specifica concerne inoltre i metodi del *downscaling* e *upscaling*; metodi la cui applicazione ha evidenziato l'esigenza di una particolare cautela e attenzione, soprattutto nella prospettiva di una corretta valutazione dei benefici ambientali, sovente sovrastimati, soprattutto quando si utilizzano valori parametrici scalati alla dimensione territoriale o a diverse condizioni locali di applicazione in termini fisici e prestazionali.

References

APAT Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i Servizi Tecnici (2002), *La valutazione dei dati e delle reti di monitoraggio ambientali*, rapporto 27, Roma, <https://www.isprambiente.gov.it/contentfiles/00003800/3874-rapporti-02-27.pdf>.

4. Prospettive di ricerca in campo tecnologico-ambientale

Research Perspectives in the Technological-Environmental Field

Mario Losasso

Università degli Studi di Napoli Federico II

4.1 CONTINUITÀ TEMATICA ED EVOLUZIONE DEGLI SCENARI DI RIFERIMENTO

La conclusione della ricerca PRIN 2015 impone una riflessione complessiva su quali sono state le premesse per la sua impostazione, quali i risultati raggiunti e quali le ulteriori prospettive di studio che restano ancora aperte, anche alla luce della modificazione degli scenari di riferimento rispetto a quelli presenti al momento della costruzione del programma di ricerca.

In primo luogo, va osservato quanto la grande sfida del cambiamento climatico, che ha rappresentato il *focus* della proposta, nel corso degli ultimi cinque anni abbia assunto anche nuove connotazioni legate a una dinamica permanente di evoluzione della ricerca internazionale in risposta all'intensificarsi degli eventi impattanti. Gli studi della comunità scientifica hanno infatti registrato un progressivo avanzamento dell'intensità e della frequenza degli impatti, raggiungendo anche una maggiore definizione delle proiezioni climatiche (IPCC, 2018).

Gli organismi internazionali e di governo nazionale hanno spinto su programmi (Agenda 2030 delle Nazioni Unite del 2015 e Green Deal europeo approvato nel 2020) e su strategie e azioni per l'adattamento e la mitigazione climatica (Strategia europea del 2013, Strategia nazionale e Piano nazionale sui cambiamenti climatici, rispettivamente del 2015 e del 2017; Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima 2021-2030). Anche nell'ambito delle politiche nazionali per la ricerca, si registra un cambio di passo: nel PNR 2021-2027 (Programma Nazionale per la Ricerca, promosso dal MUR - Ministero dell'Università e della Ricerca) è stato recentemente introdotto il Grande Ambito di Ricerca e Innovazione "Clima, Energia, Mobilità sostenibile" che fissa le prospettive per innovative linee di ricerca sul tema.

Rispetto al 2015, l'ulteriore approfondimento scientifico, la diffusione dell'informazione, le dichiarazioni di impegno da parte di alcuni governi evidenziano oggi una maggiore sensibilità al problema e prefigurano l'attuazione di strategie attraverso azioni concrete. Anche nel nostro Paese si sono sviluppate prassi virtuose alla scala della *governance* urbana: dopo BLUE AP - Piano locale di adattamento ai cambiamenti climatici per la città di Bologna, che ha fatto da "apripista", si stanno formulando altri piani a partire da linee guida e piattaforme, come nel caso di Padova (2016), Mantova (2018), Milano (2018) e altre città. Gli impatti ambientali a loro volta si sovrappongono, come nel caso di quelli patogeni determinati dalla pandemia Covid-19 con quelli ambientali collegati al cambiamento climatico e all'inquinamento atmosferico, con effetti amplificati sulla popolazione, sull'economia e sui contesti urbani. All'interno di questo scenario più complesso e

4.1 THEMATIC CONTINUITY AND EVOLUTION OF FRAMES OF REFERENCE

The conclusion of the PRIN 2015 research requires an overall reflection on what were the premises for its setting, what results have been achieved and what further study perspectives are still open, also in the reference scenarios compared to contextual conditions at the time the research programme was conceived.

First of all, it should be noted that the great challenge of climate change, which was the focus of the proposal, has also taken on new connotations over the last five years, linked to a permanent dynamic of evolution in international research in response to the intensification of impacting events. Indeed, the studies of the scientific community have recorded a progressive advancement in the intensity and frequency of impacts, even reaching a greater definition of climate projections (IPCC, 2018).

International and national government institutions have pushed for programmes (UN Agenda 2030 of 2015 and European Green Deal approved in 2020) but also on strategies and actions for climate adaptation and mitigation (European Strategy of 2013, National Strategy and National Climate Change Plan of 2015 and 2017 respectively; Integrated National Energy and Climate Plan 2021-2030). In the context of national research policies, there is also a change of step: in the PNR 2021-2027 (National Research Programme, promoted by the MUR - Ministry of University and Research), the Large Research and Innovation Area "Climate, Energy, Sustainable Mobility" was recently introduced, which sets the prospects for innovative research lines on this topic.

Compared to 2015, the further scientific research, the dissemination of information and the declarations of commitment by some governments highlight a greater awareness of the problem and foreshadow the implementation of strategies through concrete actions. In Italy, too, virtuous practices have developed at the urban governance scale: after BLUE AP - Local Climate Change Adaptation Plan for the city of Bologna, which acted as a "pathfinder", other plans have developed from guidelines and platforms, as in the case of Padua (2016), Mantua (2018), Milan (2018) and other cities. Environmental

impacts in turn overlap - as in the case of the pathogenic impacts determined by the Covid-19 pandemic with environmental impacts linked to climate change and air pollution - with amplified effects on the population, the economy and urban contexts. Within this more complex and evolving scenario compared to that of 2015, Europe is set to adopt tools and policies to address the disruptive effects that climate change is having not only on the environment but also on the economy and society.

Although the process of decarbonisation is intensified, technological innovations are used to increase efficiency and reduce resource requirements, encouraging research into better ways of using scarce resources and tackling actions to reduce pollution, «what seems to be missing is a real sense of urgency with regard to the need to put into practice what is required to avoid a dramatic planetary shift» (Sassoon, 2019, p. 10). This mismatch is also confirmed in the architectural and urban spheres, where there is an unresolved gap between the theme of policies, strategies and planning and the need to finally initiate operational actions through projects for which a simulated or real measurability of the effects is feasible in order to assess their effectiveness and replicability.

4.2 MAIN PERSPECTIVES FOR RESEARCH DEVELOPMENT ON CLIMATE ADAPTIVE DESIGN

The strategy adopted by the PRIN research outlines a path that can be continued in its reference to the local scale in order to experiment with more mature and shared adaptive processes. An improvement in knowledge and operational practices can be established starting from the urban district, identified as the most appropriate dimensional scale (physical, but also in terms of number of inhabitants) to implement adaptation processes also in terms of process efficiency and waste reduction.

Adaptation is characterised as a local action and therefore falls within the scope of partial “de-globalisation”, which makes it possible to ensure elements of autonomy in conditions of scarce resources, inducing new lifestyles in communities and “zero km” processes (Morin, 2020). Compared to large metropolitan areas, the district dimension stimulates a recombination of metropolitan centralism and polycentrism of local realities. A review of administrative procedures could lead to a change in the relationship between metropolitan cities and municipalities. A more mature community awareness will also be able to address the climate challenge and share elements that can change lifestyles in the direction of greater social cohesion.

Observations and projections on climate scenarios at the local scale
The transition to climate-proofing eco-districts must take place

in evoluzione rispetto a quello del 2015, l’Europa si avvia ad adottare strumenti e politiche che permettano di affrontare gli effetti di *disruption* che il cambiamento climatico sta assumendo non solo sull’ambiente ma anche sull’economia e sulla società.

Benché si intensifichi il processo di decarbonizzazione, si ricorre a innovazioni tecnologiche di maggiore efficienza e alla riduzione dei fabbisogni di risorse, incoraggiando la ricerca di migliori modi per utilizzare risorse scarse e affrontando azioni tese alla riduzione dell’inquinamento, «quello che sembra mancare è un reale senso di urgenza rispetto alla necessità di mettere in pratica quanto è richiesto per scongiurare una svolta planetaria drammatica» (Sassoon, 2019, p. 10). Questa sfasatura è confermata anche in ambito architettonico e urbano, in cui esiste un *gap* non ancora colmato fra il tema delle politiche, delle strategie e delle pianificazioni e la necessità di avviare finalmente azioni operative attraverso progetti per i quali sia attuabile una misurabilità, simulata o reale, degli effetti per valutarne l’efficacia e la replicabilità.

4.2 PRINCIPALI PROSPETTIVE DI SVILUPPO DELLA RICERCA SUL CLIMATE ADAPTIVE DESIGN

La strategia adottata dalla ricerca PRIN delinea un percorso che può essere proseguito nel suo riferimento alla scala locale per sperimentare processi di adattamento più maturi e condivisi. Un avanzamento delle conoscenze e delle prassi operative può essere fissato a partire dal distretto urbano, individuato come la scala dimensionale (fisica, ma anche del numero degli abitanti) più appropriata per attuare processi di adattamento anche in termini di efficienza dei processi e riduzione degli sprechi.

L’adattamento si caratterizza come azione locale e rientra quindi all’interno di parziali “de-globalizzazioni” che consentono di assicurare elementi di autonomia in condizioni di risorse scarse, inducendo nuovi stili di vita nelle comunità e processi a “km zero” (Morin, 2020). Rispetto alle grandi aree metropolitane, la dimensione del distretto stimola una ricombinazione fra centralismo metropolitano e policentrismo delle realtà locali. Una revisione delle procedure amministrative potrà indurre una modificazione della relazione fra città metropolitana e municipalità, nonché una più matura consapevolezza delle comunità nell’affrontare la sfida climatica e condividere gli elementi che possano modificare gli stili di vita nella direzione di una maggiore coesione sociale.

Osservazioni e proiezioni sugli scenari climatici alla scala locale

La transizione verso eco-distretti “a prova di clima” deve avvenire entro un arco di tempo ragionevole e gli sviluppi futuri devono prevedere competenze sia teoriche che applicative in grado di generare proiezioni affidabili sugli impatti climatici alla scala locale e sull’esito degli interventi di adattamento. Gli approfondimenti ad alta risoluzione delle proiezioni climatiche risultano necessari per un inquadramento di scenari credibili al fine di programmare gli interventi. Per fornire stime affidabili dell’incertezza occorrono appropriati modelli di interpretazione e di proiezione che utilizzino i *big data* nella coerenza con le azioni progettuali pilota. Ciò consentirà di sviluppare gli scenari, studiarne le variazioni e prevedere le azioni

più efficaci per stimare l'impatto locale e settoriale, ma anche per programmare più estese azioni di adattamento e mitigazione, valutando l'entità del rischio e il peso ambientale, sociale ed economico di possibili inazioni. Sarà necessario approfondire modalità speditive ed estese territorialmente di acquisizione dati e di riconoscibilità delle caratteristiche di omogeneità dei distretti e delle loro parti, al fine di definire appropriati ambiti di intervento.

Politiche urbane

Le politiche urbane dovranno recepire le logiche e le prassi previste da Agenda 2030 e dal Green Deal europeo, puntando all'eliminazione nel metabolismo urbano dell'uso di fonti energetiche inquinanti, allo sviluppo di eco-quartieri, alla rivitalizzazione degli spazi periurbani e rurali, integrando il ciclo dei materiali e dei rifiuti in un'economia circolare per una riconversione ecosistemica. L'adattamento urbano al cambiamento climatico non si può attuare solo con la trasformazione della forma fisica delle nostre città ma elaborando una riflessione sulla prospettiva di una equità socioeconomica in relazione ai rischi climatici. Con riferimento alla recente pandemia Covid-19, l'adattamento deve essere integrato in tutti i settori della vita politica, produttiva e sociale, rendendolo una parte essenziale dello sviluppo sostenibile (EEA, 2020).

Riequilibrare adattamento, mitigazione climatica e sviluppo sostenibile

Nella prospettiva futura delineata dall'Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), le risposte agli impatti dei cambiamenti climatici dovranno collegarsi maggiormente allo sviluppo sostenibile per creare un equilibrio tra il benessere sociale, la prosperità economica e la protezione ambientale. Saranno richieste interazioni fra la fattibilità delle opzioni di mitigazione e di adattamento con una «governance multilivello più forte, capacità istituzionale, strumenti politici, innovazione tecnologica, allocazione e mobilitazione di fondi e cambiamenti nel comportamento umano e negli stili di vita» per definire le condizioni abilitanti capaci di contenere entro 1,5°C l'aumento medio di temperatura nei prossimi decenni (IPCC, 2018, p. 20). Si presenta così di grande interesse un possibile sviluppo della ricerca su opzioni di adattamento che comportino anche una mitigazione delle emissioni di agenti climalteranti al fine di creare sinergie nella transizione verso gli eco-distretti urbani. Un ruolo importante può essere svolto dall'innovazione tecnologica in campo edilizio e urbano, con il perfezionamento, da un lato, di simulazioni, *testing*, prototipi, acquisizioni di dati e lo sviluppo, dall'altro, di sistemi e componenti industrializzati altamente performanti. L'obiettivo è una gestione unitaria dell'adattamento, della mitigazione e dello sviluppo sostenibile attuato in base a una transizione digitale che si colleghi alla transizione ecologica, come previsto nel Green Deal europeo. L'esclusione dei conflitti tra mitigazione e adattamento può essere affrontata nella convinzione che lo «sviluppo sostenibile coadiuva, e spesso permette, le transizioni fondamentali della società e dei sistemi e le trasformazioni che contribuiscono a limitare il riscaldamento globale a 1,5°C» (IPCC, 2018, p. 24).

Favorire la transizione verso uno sviluppo sostenibile

Con il Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima (PNIEC, 2018) si dovranno attuare «politiche a supporto della rigenerazione delle città e delle periferie, che

within a reasonable timeframe, and future developments must include both theoretical and applicative skills to generate reliable projections of local-scale climate impacts and the outcome of adaptation measures. High-resolution climate projections are needed for a credible scenario framing and an action planning. Reliable estimates require appropriate interpretation and projection models using big data in coherence with pilot project actions. Developing scenarios, studying their variations and predicting the most effective actions will be necessary to estimate local and sectoral impacts, but also to plan more extensive adaptation and mitigation actions, assessing the magnitude of risk and the environmental, social and economic weight of possible inactions. It will be necessary to deepen expeditious and territorially extended methods of data collection and recognition of homogeneous characteristics of the districts and their parts, in order to define appropriate areas of intervention.

Urban policies

Urban policies will have to incorporate the logic and practices set out in Agenda 2030 and in the European Green Deal, aiming to remove the use of polluting energy sources from urban metabolism, to develop eco-districts, to revitalise peri-urban and rural spaces, and to integrate the materials and waste cycle into a circular economy for ecosystemic reconversion. Urban adaptation to climate change cannot be achieved only by transforming the physical form of our cities, but by elaborating a good perspective of socio-economic equity in relation to climate risks. With reference to the recent Covid-19 pandemic, adaptation must be integrated into all areas of political, productive and social life, making it an essential part of sustainable development (EEA, 2020).

Rebalancing adaptation, climate mitigation and sustainable development

In the future perspective outlined by the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), responses to climate change impacts will need to be more closely linked to sustainable development to create a balance between social welfare, economic prosperity and environmental protection. Interactions between the feasibility of mitigation and adaptation options with «stronger multi-level governance, institutional capacity, policy instruments, technological innovation, allocation and mobilisation of funds, and changes in human behaviour and lifestyles» will be required to define the enabling conditions to keep the average temperature increase within 1.5°C in the coming decades (IPCC, 2018, p. 20). A possible development of research on adaptation options also requires mitigation of climate-altering agent emissions in order to create synergies in the transition towards urban

eco-districts. An important role can be played by technological innovation in the field of building and urban development, with the improvement of simulations, testing, prototypes and data mining on the one hand and the development of high-performance industrialised systems and components on the other. The aim is a unified management of adaptation, mitigation and sustainable development implemented on the basis of a digital transition related to the ecological transition, as envisaged in the European Green Deal. The exclusion of conflicts between mitigation and adaptation can be addressed in the belief that «sustainable development assists, and often enables, fundamental societal and systems transitions and transformations that contribute to limiting global warming to 1.5°C» (IPCC, 2018, p. 24).

Promoting the transition to sustainable development

The National Integrated Energy and Climate Plan (PNIEC, 2018) will have to implement «policies to support the regeneration of cities and suburbs, acting on the building process, to achieve more sustainable but also technologically advanced urban models. Making cities and human settlements inclusive, safe, resilient and sustainable is one of the goals of the 2030 Agenda» (Nomisma, 2020, p. 69). The key issue of the environmental project can represent a factor of acceleration of the sustainable development of the country through priority interventions that «can become a lever of innovation of the economy and of regeneration and relaunch of the territories, to be coordinated with the other financing policies planned to relaunch the health, social and digitalisation systems» (Zanchini, 2020, p. 2).

Interacting with stakeholders, local decision-makers and scientific networks

The local dimension requires a relevant public commitment because the risks for communities show the importance of undertaking adaptation actions by carrying out comparative analyses to define the elements of effectiveness and potential transferability in other contexts (Vogel and Henstra, 2015). Some studies focus on factors influencing knowledge transfer performance in terms of collaborative innovation networks. Therefore, combining relationships may develop concerning the size, heterogeneity, centralities, extent of network connections and knowledge transfer performance. On the other hand, interaction with research networks is a prerequisite for the scientific governance of an effective climate transition, which will have to be set up, starting from the centrality of plural scientific contributions, through interaction between different disciplines that traditionally work on multi-risk issues in terms of knowledge and design. This approach represents one of the perspectives of environmental research that allows innovative practices to be tested, also with the aim of veri-

vadano ad agire sul processo edilizio, per realizzare modelli urbani più sostenibili ma anche tecnologicamente più avanzati. Rendere le città e gli insediamenti umani inclusivi, sicuri, resilienti e sostenibili è uno degli obiettivi dell'Agenda 2030» (Nomisma, 2020, p. 69). La chiave del progetto ambientale può rappresentare un fattore di accelerazione dello sviluppo sostenibile del Paese attraverso interventi prioritari che «possono diventare una leva di innovazione dell'economia e di rigenerazione e rilancio dei territori, da coordinare con le altre politiche di finanziamento previste per rilanciare il sistema sanitario, sociale e per la digitalizzazione» (Zanchini, 2020, p. 2).

Interagire con stakeholders, decisori locali e network scientifici

La dimensione locale richiede un rilevante impegno pubblico perché i rischi per le comunità dimostrano l'importanza di intraprendere azioni di adattamento attuando analisi comparative per definire gli elementi di efficacia e di potenziale trasferibilità in altri contesti (Vogel & Henstra, 2015). Alcuni studi si concentrano sui fattori che influenzano le prestazioni di trasferimento della conoscenza dal punto di vista dei *network* di innovazione collaborativa. Pertanto, possono svilupparsi relazioni di combinazione tra le dimensioni, l'eterogeneità, la centralità, l'entità delle connessioni dei *network* e le prestazioni di trasferimento della conoscenza (Xuemei et al., 2016). D'altro canto, l'interazione fra *network* di ricerca rappresenta una premessa per governare scientificamente un'efficace transizione climatica, che dovrà essere impostata, a partire dalla centralità di apporti scientifici plurali, attraverso l'interazione fra diverse discipline che tradizionalmente lavorano sui temi del multirischio in termini di conoscenza e progetto. Questa modalità di approccio rappresenta una delle prospettive della ricerca in campo ambientale che consente di sperimentare prassi innovative, anche con la finalità di

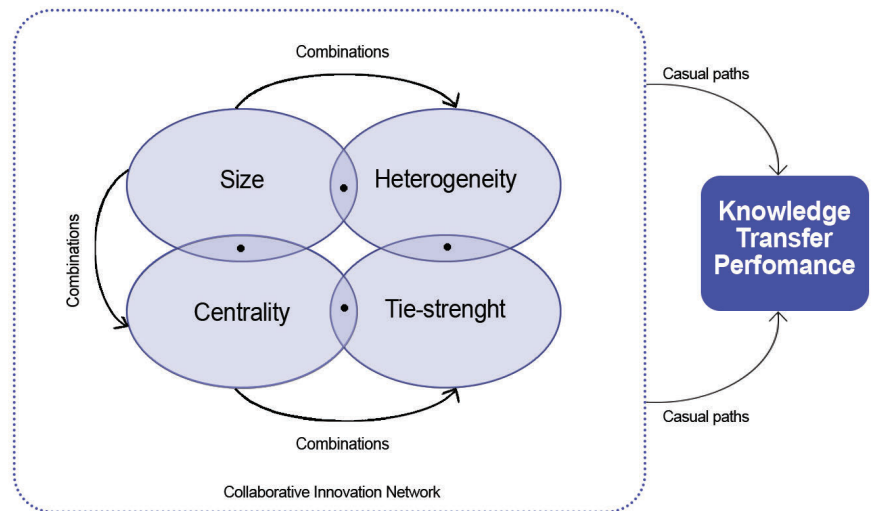


Fig. 1 - Schema dell'ottimizzazione delle prestazioni di trasferimento di conoscenza in *network* collaborativi / *Conceptual model to achieve better knowledge transfer performance in collaborative networks* (Source: Elaboration on data by Xuemei et al., 2016).

verificarne l'incidenza attraverso proiezioni e simulazioni estese, basandosi su una rete articolata di laboratori di ricerca.

Rilanciare il percorso euristico del progetto

Un ulteriore tema di approfondimento è riferito al percorso ricorsivo che, partendo da procedure di *downscaling* riconduca a processi di *upscaling*. La sperimentazione sul progetto richiede una continua interazione tra gli elementi parziali e la totalità, in una pratica che evidenzia come la progettazione debba essere pensata come «sintesi di elementi posti in relazione» in un incontro sincrono tra sapere tecnico e capacità inventiva, in cui il vincolo tecnico diventa la premessa su cui si innesta l'azione creativa (Nardi, 2003, p. 254). Gli indicatori riferiti agli obiettivi di adattamento climatico e rigenerazione urbana possono ulteriormente disciplinare la condizione euristica del progetto, laddove l'apporto innovativo della cultura tecnologica della progettazione finalizza l'utilizzo di mezzi e strumenti all'interno di regole che delimitano la natura delle soluzioni accettabili (Kuhn, 1962), prevedendo un rafforzamento della definizione di protocolli sperimentali e innovativi per un loro controllo tecnico e qualitativo.

ifying their impact through extensive projections and simulations, based on an articulated network of research laboratories.

Relaunching the heuristic path of the project

A further theme to be explored relates to the recursive path which, starting from downscaling procedures, leads to upscaling processes. Experimentation on the project requires a continuous interaction between the partial elements and the totality, in a practice that highlights how design must be considered as a «synthesis of elements placed in relation» in a synchronous encounter between technical knowledge and inventive capacity, in which the technical constraint becomes the premise on which the creative action is engaged (Nardi, 2003, p.254). The indicators referred to the goals of climatic adaptation and urban regeneration can further regulate the heuristic condition of the project, where the innovative contribution of the technological culture of design finalizes the use of means and tools within rules that delimit the nature of acceptable solutions (Kuhn, 1962), foreseeing a strengthening of the definition of experimental and innovative protocols for their technical and qualitative control.

References

- EEA European Environment Agency (2020), *Urban adaptation in Europe: how cities and towns respond to climate change*, report n. 12, Publications Office of the European Union, Luxembourg.
- Kuhn, T.S. (1962), *The Structure of scientific Revolutions*, University of Chicago Press, Chicago.
- IPCC Intergovernmental Panel on Climate Change, (2018), *Riscaldamento globale di 1,5°C. Sommario per i Decisori Politici*, available at: <https://ipccitalia.cmcc.it/ipcc-special-report-global-warming-of-1-5-c/>.
- Morin, E. (2020), *Cambiamo strada*, Raffaello Cortina Editore, Milano.
- Nardi, G. (2003), *Percorsi di un pensiero progettuale*, Maggioli, Santarcangelo di Romagna.
- Nomisma (2020), *Rekeep Restart. Un Green New Deal sul patrimonio immobiliare pubblico: nuove economie ed effetti ecosistemici*, final report, available at: <https://www.rekeep.com/pdf/Rekeep-Nomisma-2020>.
- Sassoon, E. (2019), “La sfida che non si può perdere”, in Sassoon, E. (ed) (2019), *La sfida planetaria*, Harvard Business Review, Mind Edizioni, Milano.
- Vogel, B & Henstra, D. (2015), “Studying local climate adaptation: a heuristic research framework for comparative policy analysis”, *Global Environmental Change*, n. 31.
- Xuemei, X., Liangxiu, F. & Saixing, Z. (2016), “Collaborative innovation network and knowledge transfer performance: A fsQCA approach”, *Journal of Business Research*, n. 69, available at: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0148296316302946>.
- Zanchini, E. (2020), “Next Generation UE e sfide green: l'Italia al bivio futuro-passato”, *MicroMega on-line*, 12th October.

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-Abbatense / Design for the enhancement of metropolitan rural territories Proposals for the Sud-Abbatense*, 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 infrastrutturali e rigenerazione urbana. Stazioni, spazio pubblico, qualità ambientale*, 2020.
49. Mario Losasso, Maria Teresa Lucarelli, Marina Rigillo, Renata Valente (eds), *Adattarsi al clima che cambia. Innovare la conoscenza per il progetto ambientale / Adapting to the Changing Climate. Knowledge Innovation for Environmental Design*, 2020.
50. Paolo Debiaggi, Andrea Tartaglia (eds), *Lo sport per la rigenerazione urbana. Progetti per un centro natatorio a Milano - Porto di Mare / The use of sports for urban regeneration. Projects for an aquatic center in Milan - Porto di Mare*, 2020.
51. Oscar Eugenio Bellini, Matteo Gambaro (eds), *Vivere e abitare l'Università. Bilancio nazionale sulla residenzialità universitaria*, 2020.

E-books

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-books 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 infrastrutturali e rigenerazione urbana. Stazioni, spazio pubblico, qualità ambientale*, October 2020.

Massimo Lauria, Elena Mussinelli, Fabrizio Tucci (eds), *Producing Project*, November 2020.

Mario Losasso, Maria Teresa Lucarelli, Marina Rigillo, Renata Valente (eds), *Adattarsi al clima che cambia. Innovare la conoscenza per il progetto ambientale / Adapting to the Changing Climate. Knowledge Innovation for Environmental Design*, December 2020.

Paolo Debiaggi, Andrea Tartaglia (eds), *Lo sport per la rigenerazione urbana. Progetti per un centro natatorio a Milano - Porto di Mare / The use of sports for urban regeneration. Projects for an aquatic center in Milan - Porto di Mare*, December 2020.

Gli impatti del cambiamento climatico, ormai crescenti per intensità e accelerazione, richiedono una profonda revisione degli approcci al progetto alla scala urbana e edilizia, considerando le implicazioni ambientali come un imprescindibile fattore-guida in campo metodologico e operativo, e adottando programmaticamente la convergenza tra una pluralità di saperi adeguata alla complessità delle trasformazioni in atto.

Il volume *Dai distretti urbani agli eco-distretti. Metodologie di conoscenza, programmi strategici, progetti pilota per l'adattamento climatico* rappresenta il secondo dei due volumi che tracciano il resoconto scientifico della ricerca PRIN 2015 *Adaptive design e innovazioni tecnologiche per la rigenerazione resiliente dei distretti urbani in regime di cambiamento climatico*, condotta dalle sei *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 parte dal presupposto che gli interventi di adattamento climatico delle città richiedano approcci innovativi, non più rinviabili nel tempo, fondati su competenze culturali e scientifiche in grado di sperimentare e misurare l'efficacia del progetto ambientale in termini *climate/site-specific*. Il volume propone, da un lato, l'illustrazione della metodologia adottata nella ricerca, basata su approcci sistemici, processuali, prestazionali e sperimentali, complessivamente riferiti a differenti contesti italiani, indagati in modo interscalare e interdisciplinare. Dall'altro, restituisce gli esiti sperimentali degli interventi di adattamento climatico proposti, secondo la sequenza analisi, programmazione strategica, metaprogettazione, progetti dimostratori e *testing* avanzato, considerando la rigenerazione dei distretti urbani quale significativa dimensione di riferimento per interventi che possano avere efficacia nella prevenzione e nella riduzione degli effetti dovuti agli impatti climatici.

Curatori

Roberto Bologna

Professore Ordinario di Tecnologia dell'Architettura presso il Dipartimento di Architettura, Università degli Studi di Firenze

Mario Losasso

Professore Ordinario di Tecnologia dell'Architettura presso il Dipartimento di Architettura, Università degli Studi di Napoli Federico II

Elena Mussinelli

Professore Ordinario di Tecnologia dell'Architettura presso il Dipartimento di Architettura, Ingegneria delle Costruzioni e Ambiente Costruito, Politecnico di Milano

Fabrizio Tucci

Professore Ordinario di Tecnologia dell'Architettura presso il Dipartimento di Pianificazione, Design, Tecnologia dell'Architettura, Sapienza Università di Roma

The impacts of climate change, now increasing in intensity and acceleration, require a deep review of the design approaches to the urban and building scale, considering the environmental issues as essential guiding factors in the methodological and operational field and programmatically adopting the convergence between a plurality of knowledge adapted to the complexity of the transformations in progress.

The volume *From Urban Districts to Eco-districts. Knowledge Methodologies, Strategic Programmes, Pilot Projects for Climate Adaptation* is the second of the two volumes that trace the scientific report of the PRIN 2015 *Adaptive Design and Technological Innovations for the Resilient Regeneration of Urban Districts in a Climate Change Regime*, carried out by the six Research Units in the Universities: 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. Research assumes that interventions for cities' climate adaptation require innovative and unpostponable approaches based on cultural and scientific expertise able to experiment and measure the effectiveness of the environmental project in climate/site-specific terms.

On the one hand, the book explains the methodology adopted in the research based on systemic, procedural, performance and experimental approaches, referred to different Italian contexts and investigated in an inter-scalar and interdisciplinary way. On the other hand, it returns the experimental results of the proposed interventions, according to the sequence: analysis, strategic planning, meta-design, pilot projects and advanced testing. The research considers the regeneration of urban districts as significant reference dimension for projects that can be effective in preventing and reducing the impacts of climate change.

Editors

Roberto Bologna

Full Professor of Architectural Technology at the Department of Architecture, Università degli Studi di Firenze

Mario Losasso

Full Professor of Architectural Technology at the Department of Architecture, Università degli Studi di Napoli Federico II

Elena Mussinelli

Full Professor of Architectural Technology at the Department of Architecture, Construction Engineering and Built Environment, Politecnico di Milano

Fabrizio Tucci

Full Professor of Architectural Technology at the Department of Planning, Design, Architectural Technology, Sapienza Università di Roma