

An aerial photograph of a modern urban plaza. The plaza is paved with light-colored stone tiles and features several large, dark, geometric patterns. People are walking and some are riding bicycles. A river is visible in the upper right corner, and a modern building is on the left. The overall scene is a busy, contemporary urban environment.

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

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 Apreda, 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



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 (Malcevski, 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

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.

* 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.

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 (Narrant-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.

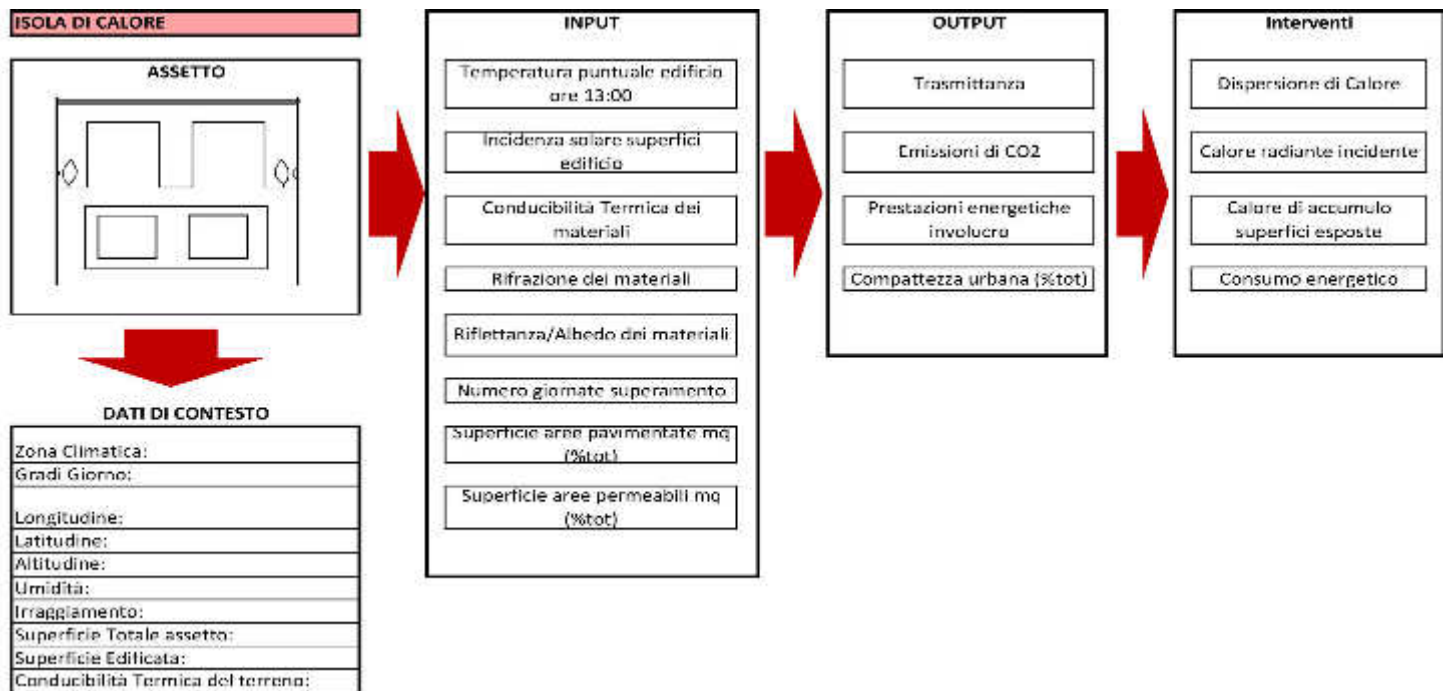


Fig. 2 - Esempio di scheda protocollare per singolo assetto / *Example of protocol sheet for single asset* (Source: Authors' elaboration).

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			
1.4 CONSUMO ENERGETICO EDIFICATO	RIDURRE LE SUPERFICI DI ACCUMULO TROPPO ESPOSTE	Cambi di colore delle superfici verticali con colori freddi (eventuale aggiornamento del piano di colore)	
		Sostituzione delle coperture con tetti verdi	
			Aumento delle superfici erbose o semi vegetate per le pavimentazioni asfaltate
			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-bioclimate 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 CLIMATO AMBIENTALE												
ASSETTI URBANI	MIGLIORE INIZ.							MIGLIORE INIZ.				
	DATA di REALIZZAZIONE	DATA di INIZIO delle opere	PROVA di ESISTENZA di un piano	PROVA di ESISTENZA di un piano	UNITA' di misura	PROVA di ESISTENZA di un piano	PROVA di ESISTENZA di un piano	PROVA di ESISTENZA di un piano	PROVA di ESISTENZA di un piano	PROVA di ESISTENZA di un piano	PROVA di ESISTENZA di un piano	PROVA di ESISTENZA di un piano

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	
Riflettanza/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-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;

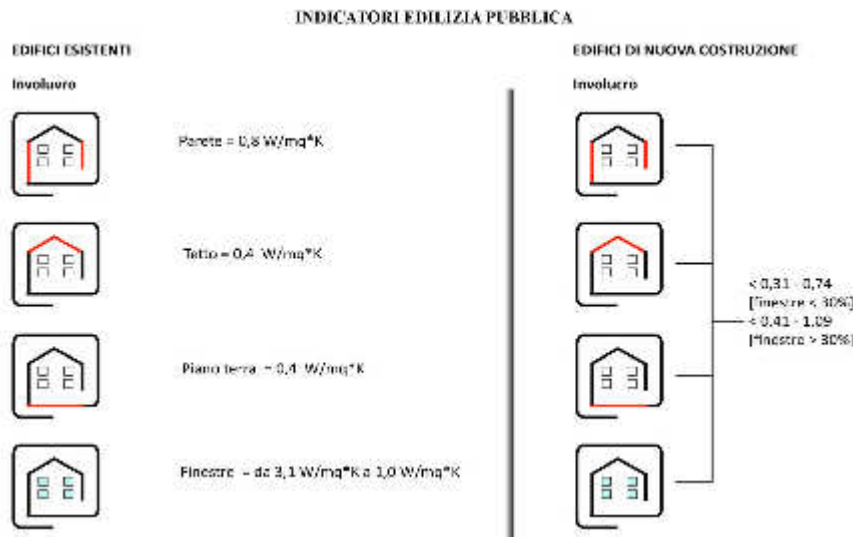


Fig. 5 - Indicatori dell'edilizia pubblica / Public Building Indicators (Source: Authors' elaboration).

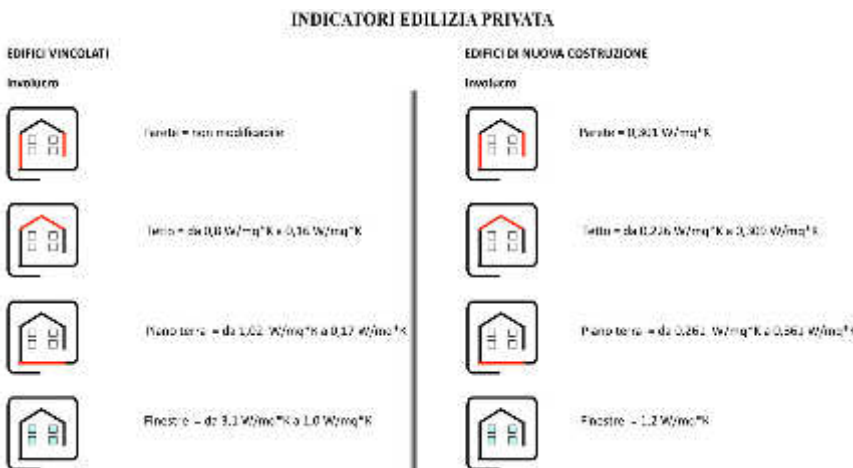


Fig. 6 - Indicatori dell'edilizia privata / Private Building Indicators (Source: Authors' elaboration).

- 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 Metropolitano)-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,

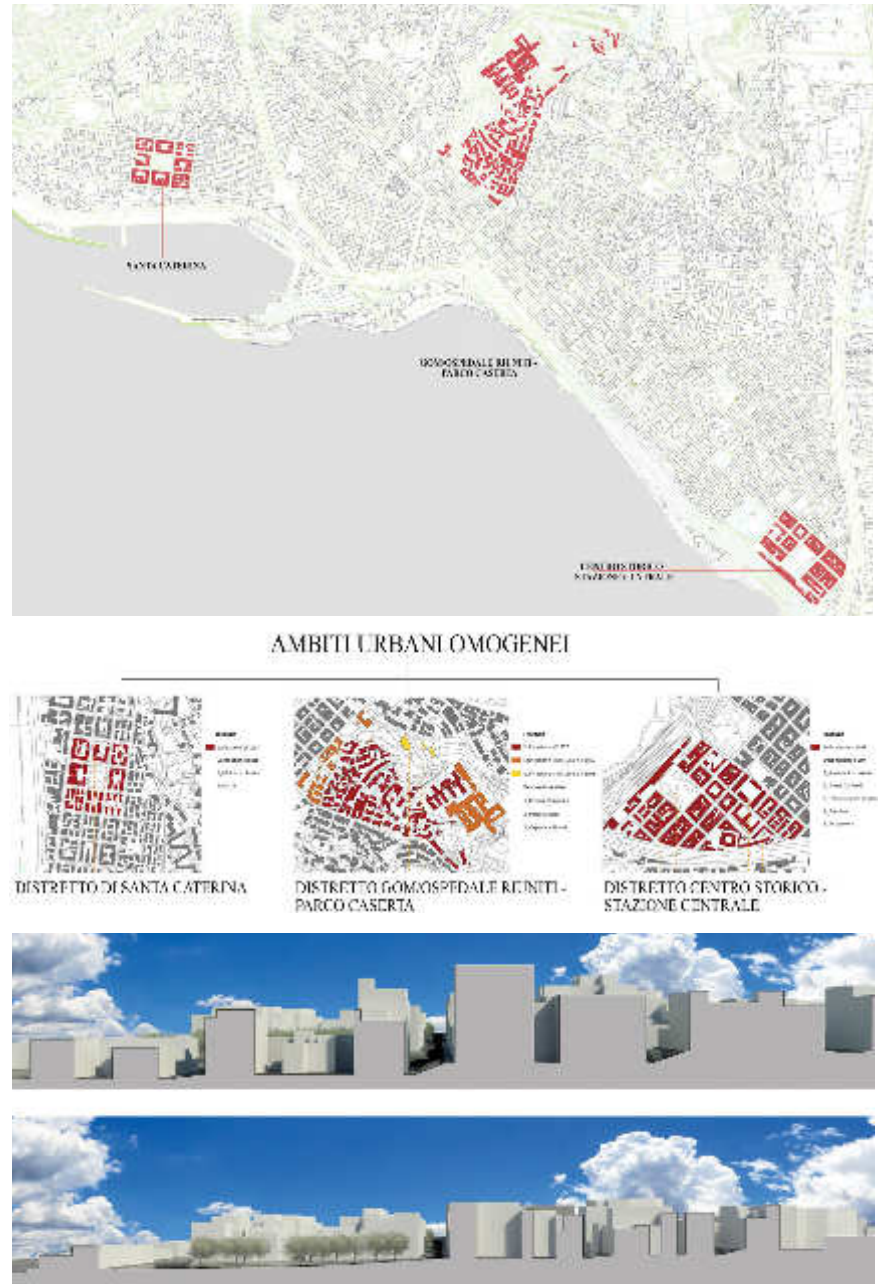


Fig. 7 - Inquadramento territoriale degli assetti urbani dei casi studio / Territorial classification of the urban asset of the case studies (Source: Authors’ elaboration).

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, richiesti 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

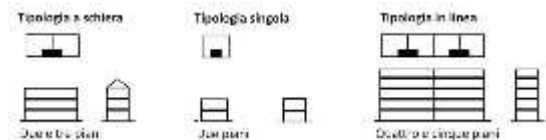


Fig. 8 - Santa Caterina - Inquadramento territoriale e analisi della tipologia edilizia/ *Santa Caterina - Territorial classification and analysis of the building typology* (Source: Authors' elaboration).

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

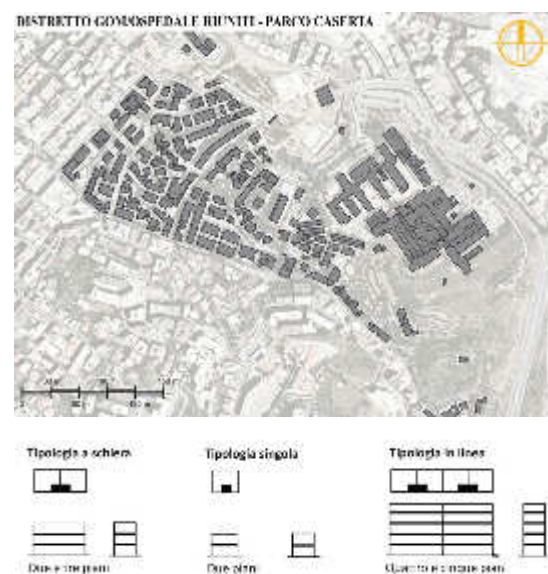


Fig. 9 - GOM-Parco Caserta - Inquadramento territoriale e analisi della tipologia edilizia / GOM-Caserta Park - Territorial classification and analysis of the building typology (Source: Authors’ elaboration).



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.

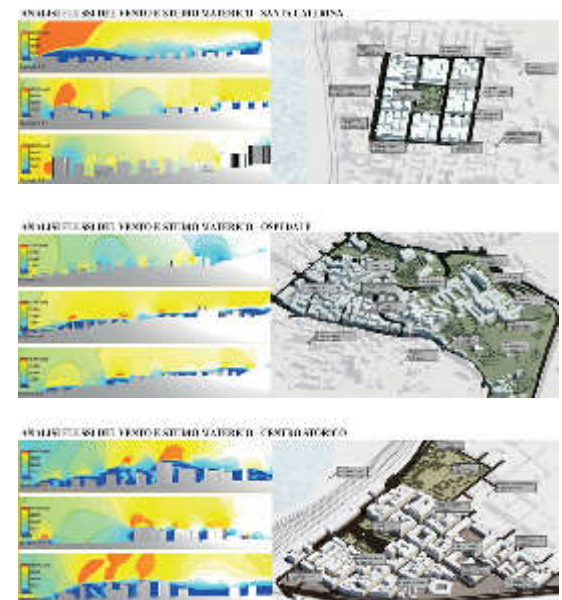


Fig. 11 - Analisi dei flussi del vento e studio materico / Wind flow analysis and material study (Source: Authors' elaboration).

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.

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 l'atto	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)

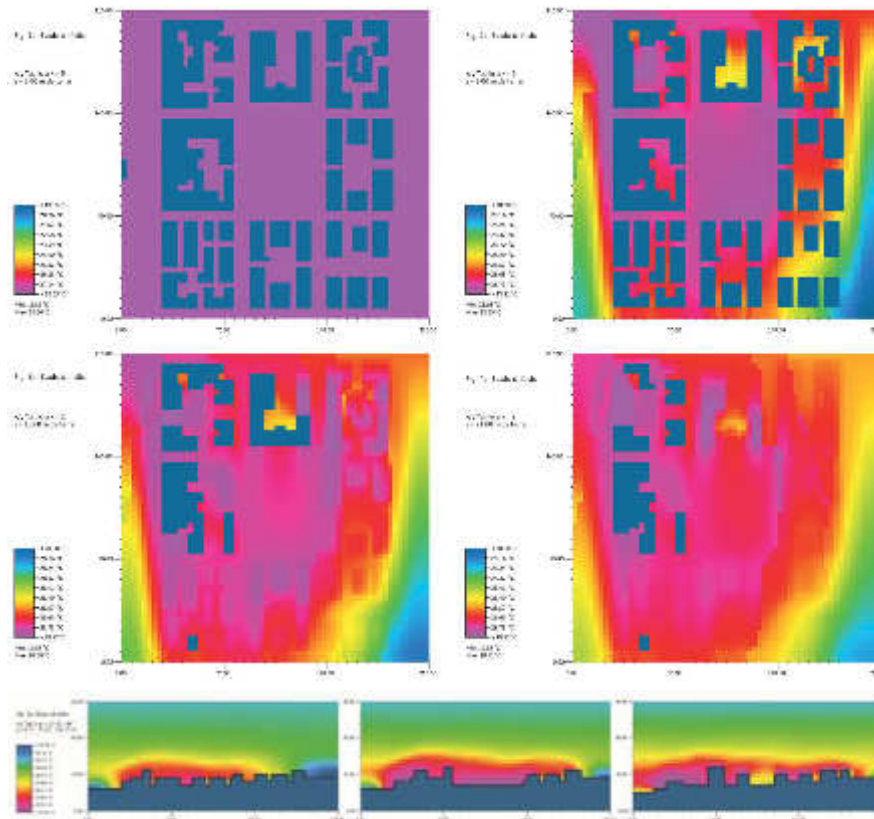


Fig. 15 - Simulazione di irraggiamento a differenti temperature in relazione ai materiali utilizzati sul Distretto Santa Caterina. Programma utilizzato: ENVI-met4. Dati: Temp. min °C; Temp. max °C; Hum. min %; Hum. max %; Wind sp. m/s; Wind. dir. / Simulation of irradiance at different temperatures in 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	Caltrame
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	30.888,68 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	912,91 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.

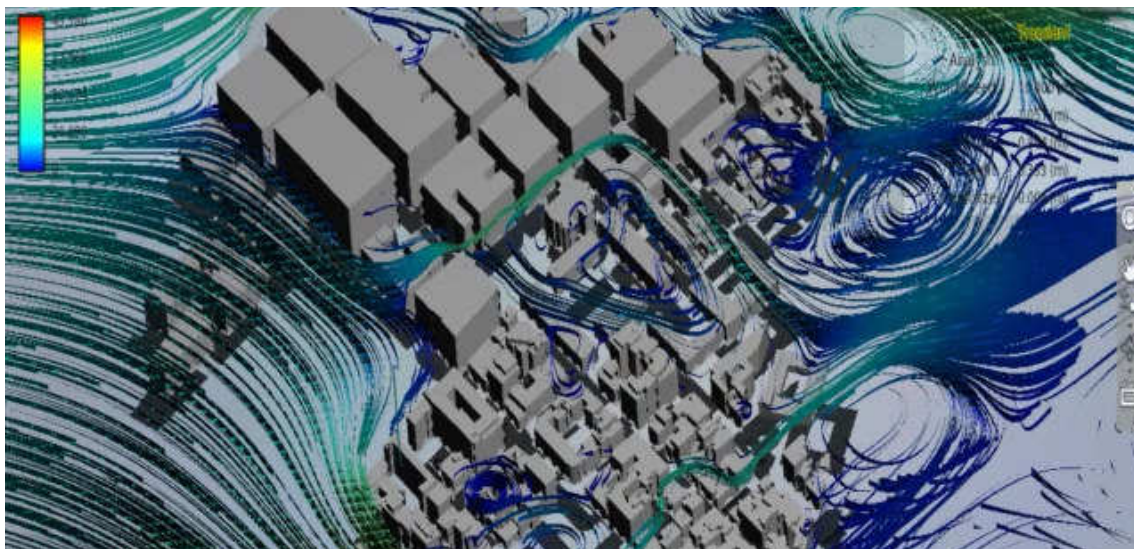


Fig. 17 - Simulazione Modellata dell'andamento dei venti prevalenti sul Distretto GOM/Parco Caserta. / Modeled simulation of winds in the GOM/ Park Caserta District. (Source: Authors' elaboration).

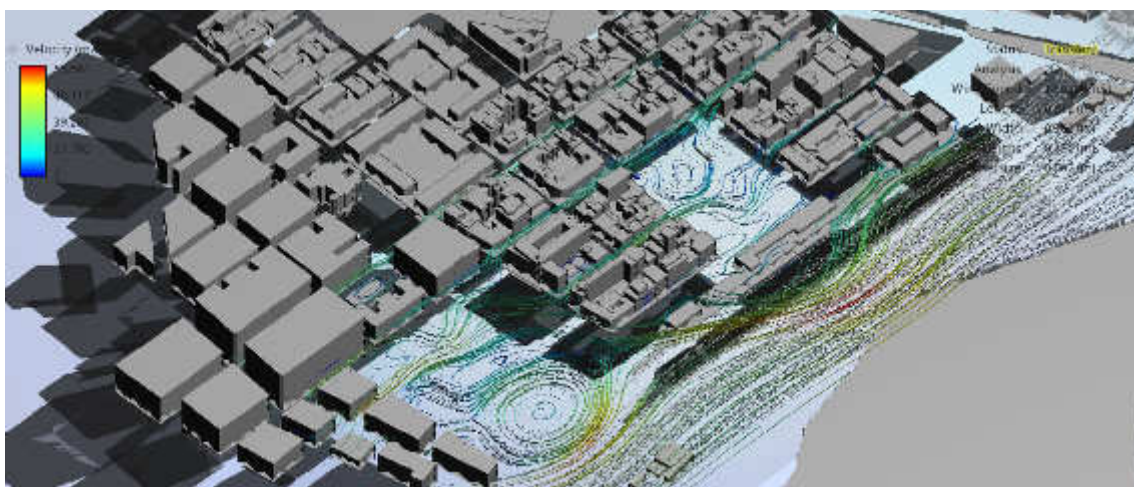


Fig. 18 - Simulazione Modellata dell'andamento dei venti prevalenti sul Distretto Centro Storico - Stazione. / Modeled simulation of winds in the Historical centre-Station (Source: Authors' elaboration).

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 ondos) 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 modeled 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).

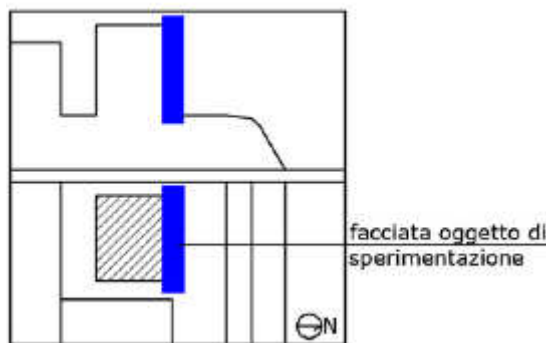


Fig. 23 - Assetto urbano di riferimento / Urban asset of reference (Source: Authors' elaboration).

- 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

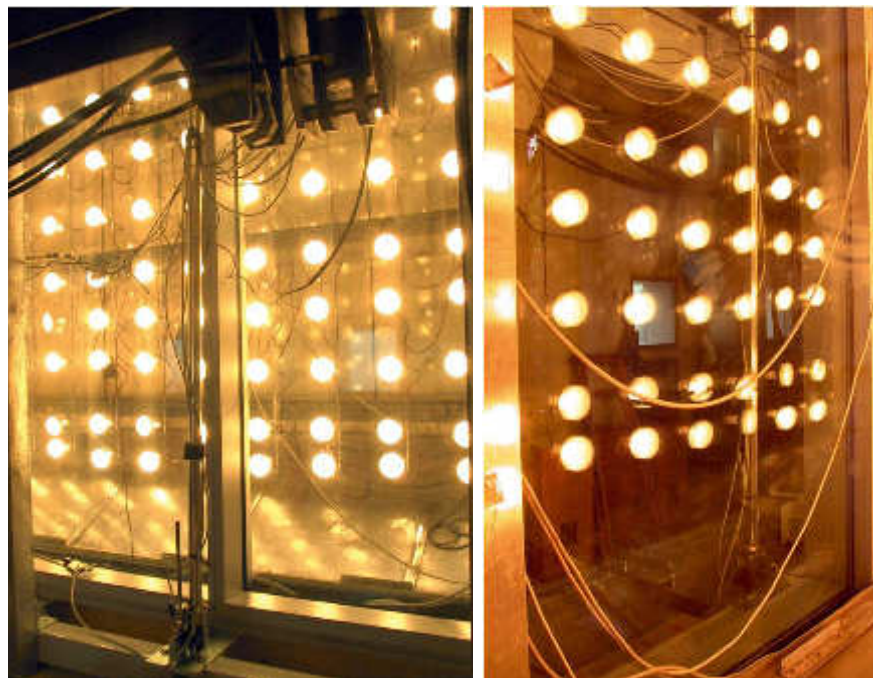


Fig. 26 - Simulazione isola e ondata di calore / *Heat island and heat wave simulation*
(Source: Authors' elaboration).

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).

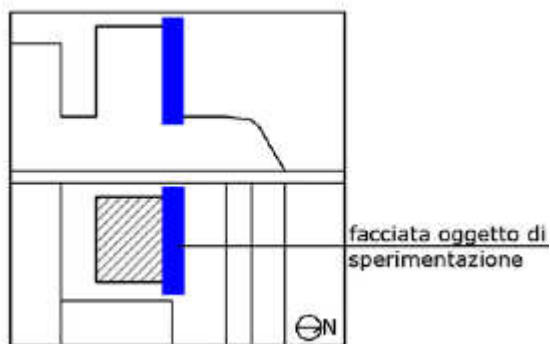


Fig. 31 - Assetto urbano di riferimento / *Urban asset of reference* (Source: Authors' elaboration).

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'extrapolazione 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 facade 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 facade 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.

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