

CONTENT

GIUSEPPE DE GIOVANNI, CESARE SPOSITO (EDITED BY)	<i>Editoriale</i> Editorial	3
Giovanni Durbiano, Tommaso Listo	<i>I disegni nel mondo. Multiscalarità, o delle scale fuori dalla rappresentazione</i> Drawings in the world. On multiscalarity and scales outside the representation	8
Francesca Fatta	<i>Le molte dimensioni del modello digitale</i> The many dimensions of the digital model	16
Maria Teresa Lucarelli, Martino Milardi Maria Teresa Mandaglio, Caterina C. Musarella	<i>Fenomeni macro vs risposte micro. Approcci multiscalari nei rapporti dinamici tra involucro e contesto</i> Macro phenomena vs micro responses. Multiscale approaches in the dynamic relationship between envelope and context	26
Stefano Francesco Musso	<i>Dal mega al nano, e ritorno. Il processo/progetto di tutela, conservazione e restauro dei Beni Culturali</i> From mega to nano, a round trip. The process/project of protection, preservation and restoration of Cultural Heritage	34
Zeila Tesoriere	<i>Il territorio nell'architettura. Grande scala e agricoltura nell'architettura italiana, 1966-1978</i> The territory into architecture. Big scale and agriculture in Italian Architecture, 1966-1978	44
Luigi Mandracchio	<i>CERN. Paradigma multiscalare</i> CERN. Multiscalar Paradigm	54
Roberto Bolici, Matteo Gambaro	<i>Il progetto della sicurezza urbana</i> The urban security project	64
Piera Pellegrino	<i>Westminster, una città per tutti. Un approccio multiscalar per una comunità sana</i> Westminster, city for all. A multi-scalar approach for a healthy community	72
Federico Wulff Barreiro, Renzo Lecardane Paola La Scala	<i>Progettare lo spazio interculturale. Approssimazione multi-scalare nel quartiere Albergheria a Palermo</i> Designing intercultural space. A Multi-scalar approach in the Albergheria neighbourhood in Palermo	82
Elena Mucelli	<i>Simulacri del vuoto. Il modello come luogo dello spazio abitabile</i> Simulacra of emptiness. The model as habitable space	92
Oscar E. Bellini, Marianna Arcieri	<i>Il megaformalismo dell'abitare. Genealogia e prerogative di un potenziale morfo-tecnotipo</i> Megaformalism of living. Genealogy and prerogatives of a potential morpho-technotype	102
André Santos, Anna Kazimirco Leonardo Barros	<i>Scala individuale e collettiva nella complessità dello spazio scolastico. L'esperienza portoghese</i> Individual and collective scale in the complexity of school space. The Portuguese experience	114
Rosa Romano	<i>Materiali intelligenti per edifici NZEB. Opzioni tecnologiche adattive per il progetto sostenibile</i> Smart materials for NZEB buildings. Adaptive technological solutions for sustainable projects	124
Federica Visconti, Renato Capozzi	<i>Il gigante dormiente. Progetto per l'ex-Ospedale Militare di Napoli</i> The sleeping giant. Project for the former Military Hospital in Naples	132
Samuel Bernier-Lavigne	<i>Oggetto-campo. Uno studio multi-risoluzione sull'ottimizzazione topologica</i> Object-field. The multi-resolution study of topological optimization	144
Fabio Conato, Valentina Frighi	<i>Progetto e complessità. Un approccio multiscalar per attualizzare gli strumenti di controllo del progetto</i> Design and complexity. A multiscale approach for updating the project's control tools	154
Teresa Villani	<i>Progetto e qualità sensoriale. Materiali e prestazioni per la comunicatività degli spazi museali</i> Design and sensory quality. Materials and performance for communication in museum spaces	164
Antonella Violano, Salvatore Del Prete	<i>Dentro la materia. L'analisi SEM per la determinazione delle prestazioni di materiali bioplastici innovativi</i> Within the matter. Determining the performance of innovative bioplastic materials with SEM analysis	174
Paolo Marco Tamborrini, Eleonora Fiore	<i>Approccio sistematico e gestione multiscala dei dati. Il caso studio 'frigorifero'</i> A systemic approach and multiscale data management. A 'refrigerator' case study	180
Caterina Tiazzoldi	<i>Weighted Dynamic Networks. Strumenti per la progettazione multiscalar e responsiva</i> Weighted Dynamic Networks. Digital multiscale and time responsive design techniques	190
Stefania Palmieri, Mario Bisson Alessandro Ianniello	<i>Progetto ambientale ed esperienze multisensoriali. Spazio integrato per attività di simulazione</i> Environmental design multisensory experience. Integrated space for simulation activities	202
Debora Puglia, Benedetta Terenzi	<i>Nanotecnologie, additive manufacturing e genius loci. Un caso di jewellery design</i> Nanotechnology, additive manufacturing and genius loci. A case of jewellery design	210

## DAL MEGA AL NANO LA COMPLESSITÀ DEL PROGETTO MULTISCALARE

## FROM MEGA TO NANO THE COMPLEXITY OF A MULTISCALAR PROJECT

AGATHÓN



07  
2020

# AGATHÓN

International Journal  
of Architecture, Art and Design

Scientific Director

**GIUSEPPE DE GIOVANNI** (University of Palermo, Italy)

Managing Director

**MICHAELA MARIA SPOSITO**

International Scientific Committee

**ALFONSO ACOCELLA** (University of Ferrara, Italy), **JOSE BALLESTEROS** (Polytechnic University of Madrid, Spain), **ROBERTO BOLOGNA** (University of Firenze, Italy), **TAREK BRIK** (University of Tunis, Tunisia), **TOR BROSTRÖM** (Uppsala University, Sweden), **JOSEP BURCH I RIUS** (University of Girona, Spain), **ALICIA CASTILLO MENA** (Complutense University of Madrid, Spain), **JORGE CRUZ PINTO** (University of Lisbon, Portugal), **MARIA ANTONIETTA ESPOSITO** (University of Firenze, Italy), **EMILIO FAROLDI** (Polytechnic University of Milano, Italy), **Giovanni Fatta** (University of Palermo, Italy), **FRANCISCO JAVIER GALLEGOS ROCA** (University of Granada, Spain), **PIERFRANCO GALLIANI** (Polytechnic University of Milano, Italy), **JAVIER GARCIA-GUTIÉRREZ MOSTEIRO** (Polytechnic University of Madrid, Spain), **MOTOMI KAWAKAMI** (Tama Art University, Japan), **WALTER KLASZ** (University of Art and Design Linz, Austria), **INHEE LEE** (Pusan National University, South Korea), **MARIO LOSASSO** ('Federico II' University of Napoli, Italy), **MARIA TERESA LUCARELLI** (Mediterranea University of Reggio Calabria, Italy), **RENATO TEOFILO GIUSEPPE MORGANTI** (University of L'Aquila, Italy), **OLIMPIA NIGLIO** (Hokkaido University, Japan), **MARCO ROSARIO NOBILE** (University of Palermo, Italy), **ROBERTO PIETROFORTE** (Worcester Polytechnic Institute, USA), **CARMINE PISCOPO** ('Federico II' University of Napoli, Italy), **PAOLO PORTOGHESSI** ('Sapienza' University of Roma, Italy), **PATRIZIA RANZO** ('Luigi Vanvitelli' University of Napoli, Italy), **DOMINIQUE ROUILARD** (National School of Architecture Paris Malaquais, France), **LUIGI SANSONE** (Art Reviewer, Milano, Italy), **ANDREA SCIASCIA** (University of Palermo, Italy), **FEDERICO SORIANO PELAEZ** (Polytechnic University of Madrid, Spain), **BENEDETTA SPADOLINI** (University of Genova, Italy), **CONRAD THAKE** (University of Malta), **FRANCESCO TOMASELLI** (University of Palermo, Italy), **MARIA CHIARA TORRICELLI** (University of Firenze, Italy)

Editor-in-Chief

**CESARE SPOSITO** (University of Palermo, Italy)

Editorial Board

**MARIO BISSON** (Polytechnic University of Milano, Italy), **TIZIANA CAMPISI** (University of Palermo, Italy), **CLICE DE TOLDO SANJAR MAZZILLI** (University of São Paulo, Brazil), **GIUSEPPE DI BENEDETTO** (University of Palermo, Italy), **RICARDO DEVEZA** (La Salle – Ramon Llull University, Spain), **ANA ESTEBAN-MALUENDA** (Polytechnic University of Madrid, Spain), **RAFFAELLA FAGNONI** (IUAV, Italy), **ANTONELLA FALZETTI** ('Tor Vergata' University of Roma, Italy), **RUBÉN GARCÍA RUBIO** (Tulane University, USA), **MANUEL GAUSA** (University of Genova, Italy), **PILAR CRISTINA IZQUIERDO GRACIA** (Polytechnic University of Madrid, Spain), **PEDRO ANTÓNIO JANEIRO** (University of Lisbon, Portugal), **MASSIMO LAURIA** (Mediterranea University of Reggio Calabria, Italy), **INA MACAIONE** (University of Basilicata, Italy), **FRANCESCO MAGGIO** (University of Palermo, Italy), **ELODIE NOURIGAT** (Ecole Nationale Supérieure d'Architecture Montpellier, France), **ELISABETTA PALUMBO** (RWTH Aachen University, Germany), **FRIDA PASHAKO** (Epoka University of Tirana, Albania), **JULIO CESAR PEREZ HERNANDEZ** (University of Notre Dame du Lac, USA), **PIER PAOLO PERRUCCIO** (Polytechnic University of Torino, Italy), **ROSA ROMANO** (University of Firenze, Italy), **MONICA ROSSI-SCHWARZENBECK** (Leipzig University of Applied Sciences, Germany), **DARIO RUSSO** (University of Palermo, Italy), **FRANCESCA SCALISI** (DEMETRA Ce.Ri.Med., Italy), **MARCO SOSA** (Zayed University, United Arab Emirates), **ZEILA TESORIERE** (University of Palermo, Italy), **ANTONELLA TROMBADERO** (World Renewable Energy Network, UK), **ANTONELLA VIOLANO** ('Luigi Vanvitelli' University of Campania, Italy), **GASPARÈ MASSIMO VENTIMIGLIA** (University of Palermo, Italy), **ALESSANDRA ZANELLI** (Polytechnic University of Milano, Italy)

Assistant Editor

**SANTINA DI SALVO** (DEMETRA Ce.Ri.Med.)

Graphic Designer

**MICHELE BOSCARINO**

Executive Graphic Designer

**ANTONELLA CHIAZZA, PAOLA LA SCALA**

Web Editor

**PIETRO ARTALE**

Il Journal è stampato con il contributo degli Autori che mantengono i diritti sull'opera originale senza restrizioni.

The Journal is published with fund of the Authors whom retain all rights to the original work without any restrictions.

AGATHÓN adotta il sistema di revisione del double-blind peer review con due Revisori che, in forma anonima, valutano l'articolo di uno o più Autori. I saggi nella sezione 'Focus' invece non sono soggetti al suddetto processo di revisione in quanto a firma di Autori invitati dal Direttore Scientifico nella qualità di esperti sul tema.

The AGATHÓN Journal adopts a double-blind peer review by two Referees under anonymous shape of the paper sent by one or more Authors. The essays on 'Focus' section are not subjected to double-blind peer review process because the Authors are invited by the Scientific Director as renowned experts in the subject.

AGATHÓN | International Journal of Architecture Art and Design

Issues for year: 2 | ISSN print: 2464-9309 | ISSN online: 2532-683X

Registrazione n. 12/2017 del 13/07/2017 presso la Cancelleria del Tribunale di Palermo

Registration number 12/2017 dated 13/07/2017, registered at the Palermo Court Registry

Editorial Office

c/o DEMETRA Ce.Ri.MED. | Via Alloro n. 3 | 90133 Palermo (ITA) | E-mail: redazione@agathon.it

Promoter

DEMETRA Ce.Ri.MED.

Centro Documentazione e Ricerca Euro-Mediterranea | Euro-Mediterranean Documentation and Research Center

Publisher

Palermo University Press | Viale delle Scienze | 90128 Palermo (ITA) | E-mail: info@newdigitalfrontiers.com

Finito di stampare nel Giugno 2020 da

Printed in June 2020 by

FOTOGRAPH s.r.l. | viale delle Alpi n. 59 | 90144 Palermo (ITA)

07  
2020

AGATHÓN

International Journal  
of Architecture, Art and Design

Per le attività svolte nel 2019 relative al double-blind peer review process, si ringraziano i seguenti Revisori:

As concern the double-blind peer review process done in 2019, we would thanks the following Referees:

GIUSEPPE ABBATE (University of Palermo), FABRIZIO AGNELLO (University of Palermo), EMANUELE WALTER ANGELICO (University of Palermo), LAURA ANSELMI (Polytechnic University of Milano), ERNESTO ANTONINI (University of Bologna), EUGENIO ARBIZZANI ('Sapienza' University of Roma), VENANZIO ARQUILLA (Polytechnic University of Milano), GINEVRA BALLETTO (University of Cagliari), ADOLFO BARATTI (University of Roma Tre), ANTONINO BENINCASA (Free University of Bozen-Bolzano), ROBERTO BOLOGNA (University of Firenze), DANIELA CALABI (Polytechnic University of Milano), ELIANA CANGELLI ('Sapienza' University of Roma), RENATO CAPOZZI ('Federico II' University of Napoli), ANNA CATANIA (University of Palermo), GIOVANNI BATTISTA COCCO (University of Cagliari), SIMONA COLAJANNI (University of Palermo), EMANUELA COPPOLA ('Federico II' University of Napoli), VALERIA D'AMBROSIO ('Federico II' University of Napoli), PIETRO MARIA DAVOLI (University of Ferrara), BARBARA DEL CURTO (Polytechnic University of Milano), ANNA DELERA (Polytechnic University of Milano), GIUSEPPE FALLACARA (Polytechnic University of Bari), CINZIA FERRARA (University of Palermo), EMILIA GARDA (Polytechnic University of Torino), MATTEO INGRAMO (Polytechnic University of Milano), CLAUDIO GAMBARDELLA ('Luigi Vanvitelli' University of Campania), MARIA LUISA GERMANÀ (University of Palermo), ANDREA GIACHETTA (University of Genova), MATTEO IEVA (Polytechnic University of Bari), ROBERTO LIBERTI ('Luigi Vanvitelli' University of Campania), LUCIANA MACALUSO (University of Palermo), CARLO MARTINO ('Sapienza' University of Roma), MARTINO MILARDI (Mediterranea University of Reggio Calabria), LUIGI MOLLO ('Luigi Vanvitelli' University of Campania), ELENA MONTACCINI (Polytechnic University of Torino), MASSIMO MUSIO-SALE (University of Genova), ROBERTO PALUMBO ('Sapienza' University of Roma), GABRIELLA PERETTI (Polytechnic University of Torino), SILVIA PERICU (University of Genova), CLAUDIO PIFERI (University of Firenze), RICCARDO POLLO (Polytechnic University of Torino), CHIARA RIZZI (University of Basilicata), ROSA ROMANO (University of Firenze), DANIELE RONSIVALLE (University of Palermo), MARCO SALA (University of Firenze), PAOLA SCALA ('Federico II' University of Napoli), PAOLO TAMBORRINI (Polytechnic University of Torino), ANDREA TAGLIA (Polytechnic University of Milano), ENZA TERSIGNI ('Federico II' University of Napoli), GIUSEPPE TROMBINO (University of Palermo).

**Editoriale | Editorial**

by Giuseppe De Giovanni and Cesare Sposito

Il numero 7 di AGATHÓN raccoglie saggi, studi, ricerche e progetti sul tema dal titolo ‘Dal Mega al Nano: la Complessità del Progetto Multiscalare’, tema indissolubilmente legato alla sempre maggiore richiesta di trans e multidisciplinarità del progetto. La capacità di effettuare ‘salti di scala’, di agire su scale diverse e di costruirne di nuove o di mutare il senso di quelle comunemente accettate è una pratica comune dell’approccio al progetto, e riguarda da sempre gli architetti, gli ingegneri, i designer e gli artisti, nei molteplici significati simbolici e reali della misura di un territorio, di una città, di un’architettura e di un oggetto. Essa può, tuttavia, offrire un ventaglio di opportunità anche in contesti diversi come l’economia, la politica, la cultura, ecc. I concetti di scala e di misura sono indispensabili per correlare, in un’ottica sistematica, il particolare con il generale, il dettaglio con l’insieme, per interpretare e rappresentare, per discretizzare e ricomporre elementi e parti tra loro in un rapporto di gerarchia o di interconnessione, per indagare il fisico e il sociale, per delineare criticità e potenzialità, ma soprattutto per stabilire l’importanza degli aspetti relazionali fra l’insieme e le sue parti come chiave di lettura della loro identità, della loro natura e organizzazione, dei principi di regolazione e del ruolo svolto nei diversi contesti, ovvero di quei fattori indispensabili per individuare forma e struttura di un territorio, di una città, di un’architettura e di un oggetto.

La nozione di scala in Architettura regola la dimensione dello spazio antropico, ponendo sempre come riferimento la dimensione umana. La scelta della scala è inevitabilmente una selezione concreta di ciò che in effetti il progetto vuole rappresentare. Quando invece si utilizza la rappresentazione multiscalare si cerca di esplicitare la complessità del reale servendosi di un maggior numero di criteri regolatori e di valutazioni specifiche, non solo descrivendone gli aspetti dimensionali e geometrici, ma soprattutto evidenziandone in maniera significativa gli aspetti qualitativi e quelli legati all’identità, alla cultura e alla storia. Ciò significa che non esiste una sola scala per la rappresentazione del territorio, della città, dell’architettura, di un oggetto o di un dettaglio; tuttavia, nella logica della necessaria multiscalarità il progetto seleziona di volta in volta la scala più adeguata allo svolgimento delle pratiche. La scala, quindi, ha un’interferenza logica sul progetto: grazie agli avanzamenti della tecnologia nell’ambito della progettazione a tutti i livelli, essa probabilmente è la componente del progetto su cui maggiormente il progettista agisce coordinando relazioni reali e virtuali in maniera simultanea; queste relazioni non terminano con la concretizzazione della forma, ma continuano nel tempo e modificano la gestione della complessità propria dell’oggetto.

Nella sezione ‘Focus’ del presente volume, i saggi introduttivi riportano il personale contributo degli studiosi invitati nella qualità di esperti sul tema. Giovanni Durbiano (Ordinario di Composizione Architettonica e Urbana del Politecnico di Torino e Presidente dell’Associazione scientifica ProArch) e Tommaso Listo mettono in relazione il concetto di scala architettonica con le implicazioni filosofico-politiche dell’azione di rappresentazione, affermando che l’attribuzione scalare, cioè la messa in rappresentazione, costituisce l’atto di un soggetto che tenta di esercitare un controllo sul rappresentato. Francesca Fatta (Ordinario di Disegno dell’Architettura dell’Università ‘Mediterranea’ di Reggio Calabria e Presidente dell’Associazione scientifica UID), partendo dall’assunto che scala e misura sono criteri fondamentali per interpretare e rappresentare le parti di un unicum legate fra loro in un rapporto di gerarchia o di interconnessione, si sofferma sul disegno digitale che permette di osservare e di interagire con il modello progettuale, muovendolo e modificandolo, attraverso una realtà virtuale, immersiva e mista, creando nuove dimensioni che animano il modello e la sua complessità multiscalarile.

Maria Teresa Lucarelli (Ordinario di Tecnologia dell’Architettura dell’Università ‘Mediterranea’ di Reggio Calabria e Presidente dell’Associazione scientifica SITdA), con Martino Milardi, Mariateresa Mandaglio e Caterina Claudia Musarella, indaga sulle relazioni che intercorrono tra gli edifici e i loro contesti, assumendo alla scala ‘macro’ le sollecitazioni che i fenomeni (quali quelli climatici) ‘impongono’ agli involucri e alla scala del ‘micro’ le nuove risposte qualitative prestazionali dei sistemi di involucro che oggi connotano il panorama dell’architettura contemporanea. Stefano Francesco Musso (Ordinario di Restauro dell’Università di Genova e Presidente dell’Associazione scientifica SIRA) offre spunti di riflessione sulle relazioni tra ‘mega’ e ‘nano’ presenti nel complesso mondo di Beni Culturali, nel quale il destino di ciascun Bene o di una parte di esso, ad esempio la materia (il ‘nano’), condiziona quello del sistema più ampio di cui è parte, il Patrimonio Culturale (il ‘mega’).

Oltre i saggi introduttivi, l’insieme degli interventi selezionati raccoglie un quadro che copre le declinazioni e i vari aspetti richiesti dalla Call. In questo senso vanno letti i contributi della sezione ‘Architettura’: l’indagine sull’inedita dimensione interscalare che ha legato nuovamente l’architettura italiana al territorio negli anni compresi tra il 1966 e il 1978; l’analisi su come il paradigma multiscalarile possa rappresentare, nel caso del CERN, il principio essenziale per comprendere l’unità di un progetto a scala territoriale seppur ideato e realizzato per parti; la progettazione ambientale, intesa nella sua accezione più ampia di contesto urbano, quale strumento per realizzare progetti sinergici a scale differenti per il miglioramento delle condizioni di sicurezza e di qualità di vita nelle città; la sperimentazione condotta dalla Città di Westminster che, attraverso un approccio multiscalarile, inserisce il tema della salute negli strumenti urbanistici e nelle politiche per il miglioramento del benessere dei propri cittadini. Ma le città sono anche i luoghi della migrazione che da sempre è stata una delle forze che ha orientato la trasformazione urbana, stimolando opportunità e sfide per le città che si modificano in base alle persone che ospitano; su tali assunti vengono presentati i progetti

per gli spazi interculturali nel quartiere Albergheria di Palermo con lo scopo di integrare lo spazio urbano, quello architettonico e quello pubblico.

Altri contributi indagano le relazioni scalari tra città e forme per l'abitare, come soluzioni capaci di fronteggiare le molteplici criticità ambientali e sociali del pianeta, ripensando le convenzionali modalità dello stare insieme; in questa logica la Megaforma abitativa appare come un dispositivo contingente d'intervento che, in alternativa ad altre soluzioni, quali la casa individuale, i quartieri residenziali e l'edificio alto, può integrare e/o sostituire parti della città tradizionale. Anche gli edifici pubblici risentono della necessità di attivare nuove relazioni multiscalari; l'esperienza promossa dal Parque Escolar per l'adeguamento dell'edilizia scolastica in Portogallo attiva riflessioni sul dialogo fra le diverse scale attraverso punti di vista distinti (progettuale, educativo, sociale e impiantistico), ritenendo questa chiave di lettura una risposta paradigmatica e adeguata alla complessità dell'edilizia scolastica. A questa ultima esperienza si lega anche il progetto di recupero del Patrimonio Culturale, come quello per un Complesso Conventuale a Napoli, oggi in stato di abbandono, con la proposta di re-immetterlo nella dinamica viva della città attraverso un attento lavoro non solo sul manufatto ma anche sui suoi rapporti con il contesto urbano e paesaggistico di cui fa parte integrante.

L'approccio multiscalar non viene introdotto solamente nei contributi che riguardano la città o gli spazi dell'abitare, ma anche indagando sull'innovazione tecnologica legata alla progettazione e alla realizzazione di sistemi e subsistemi edilizi che, dalla micro alla macro-scala, permettono di raggiungere e superare gli obiettivi energetico-ambientali previsti dalle vigenti normative nazionali e internazionali. Altri studi affrontano poi tematiche specifiche sulla capacità del metodo multiscalar di gestire il progetto nel rapporto fra spazio e forma, approfondendo la relazione fra la scala del modello e il significato che essa assume nella restituzione tridimensionale, fra forma e struttura, attraverso un'ottimizzazione topologica con strumenti digitali, e fra materia e fruibilità in ambienti museali, attraverso processi percettivi amplificati da tecnologie che agiscono in maniera controllata alla micro-scala e a scala nanometrica dei materiali; rispetto al tema ambientale, per il settore delle costruzioni è poi da segnalare la ricerca sperimentale sulle bioplastiche innovative che, a partire dalla scala micro, risponde alle dinamiche biologiche evolutive proprie del progetto rigenerativo e di quello eco-tecnologico.

Concludono il volume i contributi nella sezione 'Design': il primo illustra una metodologia di progettazione multiscalar denominata Weighted Dynamic Networks, basata sui vincoli nodali, che consente di simulare e gestire l'evoluzione del progetto nel tempo; il secondo riporta un caso studio condotto con approccio sistemico e basato su metodi partecipativi e sull'utilizzo di prototipi come strumenti per valutare numerosi dati ai fini progettuali, utili a semplificare la complessità del progetto di un oggetto (come nel caso di un frigorifero); il terzo, attraverso l'integrazione multidisciplinare che sintetizza relazioni multiscalari, riporta una ricerca sulla rappresentazione di scenari esperienziali, nei quali si integrano in uno spazio fisico tecnologie ICT innovative e materiali di ultima generazione; il quarto sperimenta le possibilità d'innovazione che scaturiscono dalla strategia di un Design Territoriale, a partire dalla definizione delle peculiarità dell'ambiente naturale e antropizzato, in termini di creatività e di espressione estetica, e dall'utilizzo di nanotecnologie per facilitare un uso consapevole delle risorse (materiali di scarto locali e biopolimeri) in combinazione alle possibilità offerte dall'additive manufacturing.

In conclusione, i saggi e le ricerche pubblicati dimostrano che, se misurare usando la scala come strumento significa prendere possesso delle cose del mondo stabilendone le differenze, il fuori-misura può costituire la base per nuovi assunti teorici in cui l'infinitamente grande (il 'mega') e l'infinitamente piccolo (il 'nano') concorrono simultaneamente nella definizione di questioni centrali come la sostenibilità ambientale, sociale ed economica, la resilienza, il governo del territorio, la concezione dello spazio, l'estetica, l'uso, lo sviluppo di nuovi prodotti, servizi e materiali, ecc. L'approccio multiscalar può quindi essere considerato un importante strumento progettuale operativo che, in un'ottica sistematica, può favorire la proposizione di adeguate strategie d'azione e di pianificazione degli interventi sostenibili, sviluppando nuove metodiche, tecniche operative e metriche condivise, attraverso ragionate gerarchie di priorità necessarie a ottimizzare le scelte del progetto e a determinare credibili bilanci costi/benefici (soprattutto di natura ambientale).

---

AGATHÓN issue number 7 is a collection of essays, studies, research and projects on the subject entitled 'From Mega to Nano: the Complexity of a Multiscalar Project', inextricably linked to the ever-increasing request of trans and multidisciplinarity of the project. The ability of 'change of scales', work on more different scales – multiscalarity – create new ones or change the meaning of the scales commonly accepted, it is common practice in the approach to the project and has always concerned architects, engineers, designers and artists for the multiple symbolic and real meanings of the size of a territory, a city, an architecture and an object. However, it can provide a range of opportunities even in different contexts such as economy, politics, culture, etc. The concepts of scale and size are fundamental to link, in a systemic point of view, the detail with the big picture, the detail with the group, to interpret and represent, to discretize and recompose elements and parts that stand in a hierarchy or interconnection relation, to investigate the physical and social, to outline critical issues and potential, but especially to establish the importance of relational aspects between the group and its component as a way to understand their identity, their nature and organization, their regulation rules and the role played in different contexts, namely the fundamental elements to identify the form and structure of a territory, a city, an architecture and an object.

The concept of scale in Architecture regulates the size of the anthropic space, always keeping human dimension as reference. The choice of the scale inevitably becomes a conceptual selection

of what the project actually wants to represent. When using multiscalar representation, we try to show the complexity of reality, by using as many regulation criteria and specific evaluations as we can, not only by describing its size and geometric aspects but most of all by significantly highlighting its qualitative aspects and those related to identity, culture and history. This means that there is not just one scale to represent a territory, a city, architecture, an object or a detail; however, in terms of a necessary multiscalarity, the project chooses the most fitting scale to develop practices, on a case-by-case basis. Therefore, logically the scale influences the project: thanks to the progress of technology in the field of design at all levels, it is probably the component of the project on which the designer works the most, simultaneously coordinating real and virtual relations; these relations do not end when the form is created, but continue over time and modify the management of the object's complexity.

In the 'Focus' section of this issue, the introduction essays report the personal contribution of the invited scholars specialized on the subject. Giovanni Durbiano (Professor of Architecture and Urban Design at Politecnico di Torino, President of the ProArch scientific Society) and Tommaso Listo link the concept of architectural scale to the philosophical-political consequences of the representation action, stating that the scalar attribution, i.e. its representation, constitutes the action of someone trying to control the representations. Francesca Fatta (Professor of Architectural Design at the 'Mediterranean' University of Reggio Calabria and President of the IUD scientific Society) starts from stating that scale and measure are fundamental criteria for interpreting and representing the parts of a *unicum* linked together in a hierarchy or interconnection relation; she focuses on the digital drawing that makes it possible to observe and interact with the design model, by moving it and modifying it through an immersive and mixed virtual reality, creating new dimensions that animate the model and its multiscalar complexity.

Maria Teresa Lucarelli (Professor of Architectural Technology at the 'Mediterranean' University of Reggio Calabria and President of the SITdA scientific Society), together with Martino Milardi, Mariateresa Mandaglio and Caterina Claudia Musarella, investigates the link between buildings and their contexts, taking to the 'macro' scale the stresses that phenomena (such as climate) 'impose' on the envelopes and to the 'micro' scale the new qualitative performance responses of the envelope systems that currently characterize the contemporary architecture panorama. Stefano Francesco Musso (Professor of Restoration at the University of Genoa and President of the SIRA scientific Society) gives cause for reflection on the link between 'mega' and 'nano' present in the complex world of Cultural Heritage, in which the future of each Asset or part of it, for example its matter ('nano'), influences the future of its bigger system, the Cultural Heritage ('mega').

In addition to the introductory essays, the selected papers create a framework covering the subjects and the different aspects listed in the Call. The papers in the 'Architecture' section should be read in this sense: the investigation into the original interscalar dimension that once again linked the Italian architecture to the territory between 1966 and 1978; the analysis on how the multiscalar paradigm can represent – as in the case of CERN – the essential principle for understanding the ensemble of a project on a territorial scale although created and implemented for parts; environmental design, in its broadest sense of urban context, as a tool to create synergistic projects at different scales to improve the safety and quality of life conditions in cities; the experimentation carried out by the City of Westminster which, through a multiscalar approach, adds the subject of health care into urban planning tools and policies for improving the well-being of its citizens. Cities are also places of migration which has always been one of the forces that has driven urban transformation, stimulating opportunities and challenges for cities that change according to its inhabitants; on these premises, projects for intercultural spaces in the Albergheria district of Palermo are presented to integrate urban, architectural and public spaces.

Other papers investigate the scalar relations between cities and forms of living, as solutions capable of facing the multiple environmental and social problems of the planet, rethinking the conventional ways of togetherness; in this sense, the Megaform housing seems a temporary intervention tool which – as an alternative to other solutions, such as single houses, residential neighbourhoods and tall buildings – can integrate and/or replace parts of the traditional city. Public buildings are also affected by the need to activate new multiscalar relations; the experience promoted by Parque Escolar for the adaptation of school facilities in Portugal triggers reflections on the dialogue between the different scales through different points of view (design, educational, social and plant engineering), considering this interpretation as a paradigmatic and adequate response to the complexity of school construction. To this latest example is linked also the project of the Cultural Heritage recovery, such as that for a Conventual Complex in Naples, now abandoned, with the proposal to re-introduce it into the lively dynamic of the city through a careful work not only on the artefact but also on its relations with the urban and landscape context of which it is an integral part.

The multiscalar approach is not only debated in the papers that deal with the city or the living spaces, but also with the investigation on the technological innovation linked to design and creation of building systems and subsystems that from the micro to the macro scale allow to reach and exceed the energy-environmental targets foreseen by the current national and international regulations. Other studies address specific issues on the ability of the multiscalar method to manage the project on the relation between space and shape, further looking into the link between the scale of the model and its meaning in the three-dimensional rendering, between shape and structure, through a topology optimization made with digital tools, and between matter and usability in museum spaces, through perceptual processes amplified by technologies that act in a controlled way at

07  
2020

AGATHÓN  
International Journal  
of Architecture, Art and Design

the micro and nanometric scale of materials; about the environmental subject, for the building industry the experimental research on innovative bioplastics is worthy of note. Starting from the micro-scale it responds to the biological evolutionary dynamics of the regenerative and eco-technological project.

The volume concludes with the ‘Design’ section papers: the first illustrates a multiscalar design approach called Weighted Dynamic Networks, based on pins constraints, which allows to simulate and manage the evolution of the project over time; the second reports a case study carried out with a systemic approach based on inclusive methods and on the use of prototypes as tools for evaluating many data for design purposes, useful for simplifying the complexity of an object design (as in the case of a refrigerator); the third, through multidisciplinary integration that summarizes multiscalar relations, reports a research on the representation of experiential scenarios, in which innovative ICT technologies and next-generation materials are integrated; the fourth experiments the possibilities of innovation originating from a Territorial Design strategy, starting from describing the characteristics of the natural and man-made environment, in terms of creativity and aesthetic expression, and from the use of nanotechnologies to facilitate an informed use of resources (local waste materials and biopolymers) together with the possibilities given by additive manufacturing.

In conclusion, the essays and research published show that if measuring, using the scale as a tool, means understanding the things in the world by establishing some differences, therefore ‘off-size’ can be the basis for new theoretical assumptions in which both the infinitely large (mega) and the infinitely small (nano) contribute to defining crucial topics, such as environmental, social and economic sustainability, resilience, territory government, the idea of space, aesthetics, use, development of new products, services and materials, etc. Therefore, the multiscalar approach can be considered as an important design working tool that, in a systemic point of view, can foster the proposal of adequate strategies for action and planning of sustainable actions, developing new methods, working techniques and shared measurements, through well-considered hierarchies of priorities necessary to optimize the choices of the project and to determine the reliable cost/benefit balances (especially of environmental nature).

# FROM MEGA TO NANO THE COMPLEXITY OF A MULTISCALAR PROJECT

# DAL MEGA AL NANO

## LA COMPLESSITÀ DEL PROGETTO MULTISCALARE

## I DISEGNI NEL MONDO

Multiscalarità, o delle scale fuori dalla rappresentazione

## DRAWINGS IN THE WORLD

On multiscalarity and scales outside the representation

Giovanni Durbiano, Tommaso Listo

### ABSTRACT

L'articolo pone in relazione il concetto di scala architettonica con le implicazioni filosofico-politiche dell'azione di rappresentazione del mondo implicita in ogni operazione scalare. Recuperando il significato che una certa tradizione filosofica ha assegnato alla messa in rappresentazione, si avanza l'ipotesi che l'attribuzione scalare sia un tentativo di controllo sul rappresentato attraverso il disegno del mondo, allo scopo di legittimare sia l'autorialità che la scientificità della disciplina architettonica nelle teorie e nelle Scuole. Tale paradigma, che ha permesso la fortuna dell'architettura italiana del dopoguerra, è però messo in crisi dalla consistenza dei problemi che, allo stato attuale, necessitano di progetto. Sulla base di queste considerazioni si propone una conceptualizzazione della multiscalarità a partire dal suo uso nell'azione del progetto nel mondo, piuttosto che da un'introiezione di quest'ultimo nelle intenzioni di progetto.

The article relates the concept of architectural scale with the philosophical and political implications of the world representation action implicit in every scalar operation. Drawing from a certain philosophical tradition about representation, it follows that the scalar attribution can be interpreted as an attempt to perform a form of control over the represented through the drawing, with the purpose to legitimize the author and the scientificity of the architectural discipline in theories and Schools. However, this paradigm, which made the Italian post-war architecture so successful, is put in crisis by the nature of the problems requiring design and projection. From these considerations, a conceptualization of multiscalarity is proposed, focusing on the project's agency in the world, rather than from an introjection of the latter into the designer intentions.

### KEYWORDS

scale, rappresentazione, autore, mediazione, multiscalarità

scales, representation, author, mediation, multiscalarity

**Giovanni Durbiano** is a Full Professor of Architectural and Urban Composition at the Polytechnic of Turin (Italy) and the President of ProArch, the Scientific Society of Italian architectural design teachers. He is the author of publications on the themes of architectural design cultures in contemporary times, and Founder and Member of the Advisory Board of the Ardeh – Architectural Design Theory. Professionally, he is co-owner of the DAR Architettura studio. E-mail: giovanni.durbiano@polito.it

**Tommaso Listo** is a PhD Candidate in Architecture, History and Design at the Polytechnic of Turin (Italy). He carries out research mainly in the field of architecture theory and the intersection between digital and design practice. He holds a Master in Digital Humanities from the 'Ca Foscari' University of Venice. Mob. +39 349/89.87.322 | E-mail: tommaso.listo@polito.it

Ci sono scale per tutte le stagioni. Il fatto che il concetto di scala sia intrinseco a quello di progetto di architettura, e quindi dato in essere a prescindere da singole condizioni storiche operative, non comporta che esso non possa essere posto, e ridiscusso, ogni volta che le stesse condizioni storiche operative lo richiedano. Nello specifico del contesto nazionale attuale, alla luce del tentativo di costruire standard e criteri di valutazione meno discrezionali di quelli che hanno governato le Scuole di Architettura fino a pochi anni fa, le Università e gli altri soggetti che si occupano di produrre e trasmettere conoscenze di settore si pongono nuovamente il problema della proprietà disciplinare delle scale. Di come, in altre parole, le proprie coordinate operative possano essere soggette a verifiche che ne stabiliscano il grado di pertinenza – e, in ultima analisi, di scientificità. La questione della scala è infatti il terreno su cui si gioca la partita dell'affermazione di un dominio disciplinare, e in quanto tale è stata affrontata da diverse prospettive e con differenti obiettivi operativi.

**La scala nella tradizione italiana** | La partita non è nuova. Per descriverla possiamo risalire a un notissimo antecedente. Nel 1968 esce Teoria della Progettazione Architettonica (Canella et alii, 1968), un volume che raccoglie, tra gli altri, interventi di Canella, Gregotti, Rossi, Semerani e Tafuri, sotto forma di lezioni in vista di un corso di teoria della progettazione da tenersi all'Istituto Universitario di Architettura di Venezia. Anche Giuseppe Samonà, che firma pure l'introduzione, scrive una lezione: Le Scale di Progettazione e l'Unità nel Metodo (Samonà, 1968). In questo testo la scala è intesa come risultato, intermedio rispetto alla conclusione della proposta architettonica da produrre, di un metodo consistente nella perimetrazione degli elementi utili a una determinazione analitica del problema progettuale. Tale metodo si è reso necessario, secondo Samonà, dal momento in cui la progettazione dell'oggetto architettonico non può più prescindere dalla comprensione di aspetti che afferiscono alla città e al territorio: la forma generale di questi, che diventa riferimento imprescindibile per il particolare, e i complessi intrecci economici e sociali che li caratterizzano. La scala è allora il modo di cogliere la giusta dimensione in cui collocare il progetto, la giusta prospettiva da cui guardarlo.

Teoria della Progettazione Architettonica non è ovviamente un caso isolato, ma la conseguenza del lavoro di autori che a partire da quegli anni avrebbero fatto la fortuna nel mondo dell'architettura italiana. Da Vittorio Gregotti (1965) ad Aldo Rossi (1966) a Giorgio Grassi (1967) vengono avanzate una serie di proposte che, se pur con strategie di legittimazione divergenti, condividono un identico presupposto: la possibilità di un metodo di misurazione che mira a cogliere in modo oggettivo le categorie essenziali delle scale del costruito, fondando così al contempo la scientificità della disciplina. La corrispondenza tra sequenza scalare e competenze progettuali s'intreccia dunque, nelle teorie e nelle Scuole (Lovero, 1993), con i tentativi di fondazione di tale metodo o, detto altrimenti, di un linguaggio autonomo

(Tafuri, 1968) in quanto strumento privilegiato di descrizione dell'oggetto progettuale, e quindi della sua assimilazione sotto una specifica modalità d'intervento in grado di cogliere il problema posto dall'oggetto ed eventualmente, sempre ricorrendo a strumenti interni a tale linguaggio, di risolverlo.

La concezione per cui sia possibile dedurre un tale sistema conoscitivo autonomo a partire da un'analisi condotta con strumenti esclusivi, pur nelle inevitabili mutazioni cui l'ha sottoposta il passare degli anni, è viva e riscontrabile nel dibattito contemporaneo attraverso due principali sintomi. Da una parte, la continua presenza di un'istanza fondativa disciplinare autonoma in ogni discorso di legittimazione progettuale, e dall'altra, il suo corollario soggettivo, dato dalla pervasività del modello della sovranità autoriale, impersonificato nella variante globalizzata e spettacolarizzata dell'archistar. Non è un caso se una figura che si propone d'interpretare virtuosamente entrambe le tendenze, Pier Vittorio Aureli (2011) dia alle stampe un libro dal titolo *The Possibility of an Absolute Architecture*.

**L'attribuzione di scala è una messa in rappresentazione** | L'ipotesi qui proposta è quella che tali metodi, tra cui l'attribuzione di scala, siano una messa in rappresentazione, ovvero un atto soggettivo di istituzione di uno spazio all'interno del quale diventi possibile collocare, in relazione a quello stesso soggetto, l'insieme degli elementi che prendono parte al processo di trasformazione, in modo che tale disposizione informi le alternative operative e abbia le caratteristiche di un sapere autonomamente fondato, legittimando così la razionalità della progettazione architettonica. Le scale sono un modo di rappresentare il mondo e, nella loro natura di rappresentazioni, sono strumenti di controllo sul rappresentato. Inoltre, se, come si è scritto, la rappresentazione assume tante forme almeno quanti ne sono i principali interpreti, la legittimazione è anche quella dell'autorità del progettista – come colui che dispone del controllo – poiché autore della rappresentazione stessa. Che il sapere si fonda a partire da un soggetto che pone di fronte sé, in uno spazio di cui è garante, oggetti che così conosce in pura evidenza, ossia con chiarezza e distinzione (Descartes, 2014), è il paradigma del pensiero moderno, almeno secondo ben note ricostruzioni del pensiero filosofico (Heidegger, 2002; Foucault, 2018) che attribuiscono a questa messa in immagine del mondo il suo risultare decifrabile, controllabile e pertanto trasformabile.

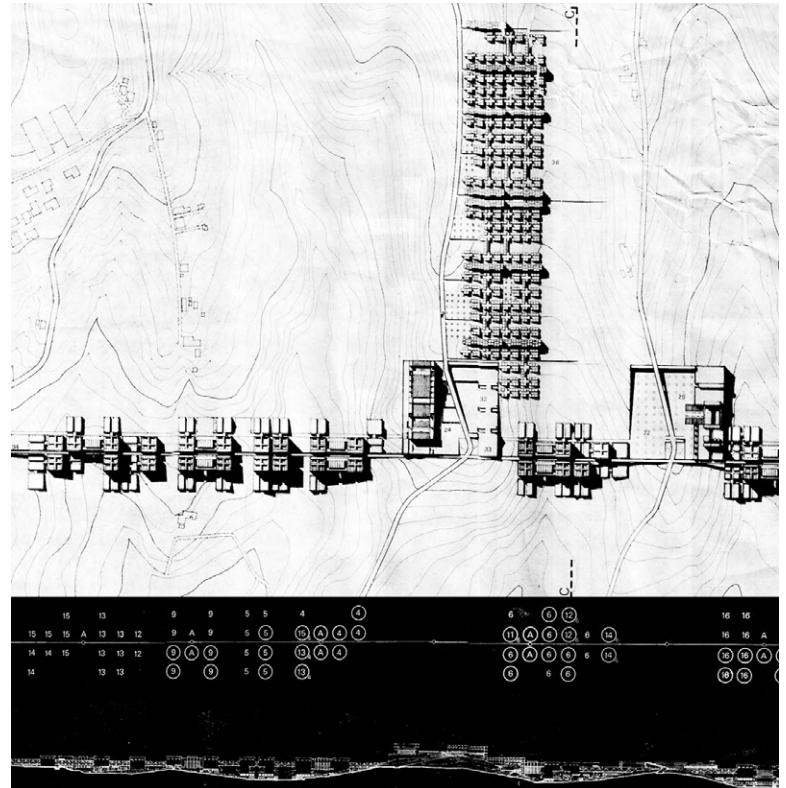
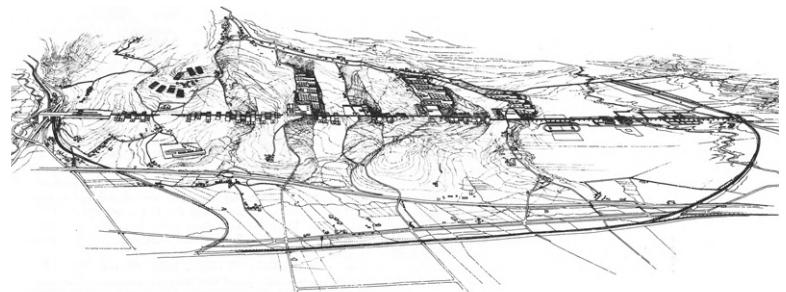
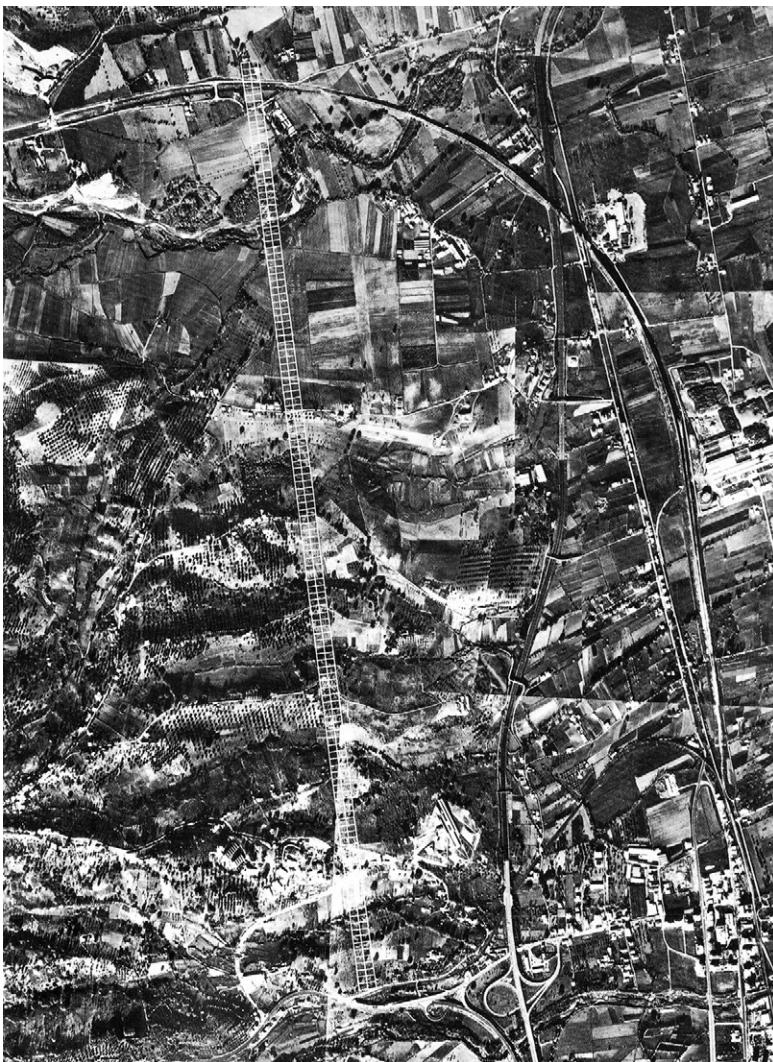
**Un caso di appropriazione** | L'immagine del mondo sul tavolo da disegno ha una grande potere seduttivo. La supposta decifrabilità di un mondo, che proprio negli stessi anni stava subendo trasformazioni radicali, costituisce per gli architetti desiderosi di chiarezza ed evidenza una straordinaria opportunità conoscitiva. Vittorio Gregotti, per esempio, disegna il progetto dell'Università della Calabria sulla scala del territorio (Fig. 1), dando coerentemente seguito alle proposte espresse nel II Territorio dell'Architettura (Gregotti, 1965) di integrare quest'ultimo, pur inteso in una molteplicità di ac-

cezioni, nell'azione progettuale. Grazie al riconoscimento di una forma del mondo (le movimentate colline della valle del Crati) Gregotti può tracciare un segno fondativo (il perentorio asse dell'Università della Calabria, che quelle stesse colline mette in misura) operando una gigantesca operazione di appropriazione del paesaggio da parte del progetto. Cruciale è però dove questa appropriazione avvenga: non è nell'azione, ma nella rappresentazione, che il territorio entra nel progetto. Grazie al ricorso a un sistema di regole formali, proprie di ogni rappresentazione e stabilito dallo stesso Gregotti, è permesso all'autore di impossessarsi delle regole suppose costitutive del paesaggio (ma lo stesso potrebbe valere per la città storica, o per le morfo-tipologie) così come di ogni altro rappresentato. Rappresentazioni di questo tipo non mancano: Guido Canella, per esempio, disegna il Centro Direzionale alla scala – e quindi in rapporto diretto – con un'intera area di Torino. Lo stesso Canella arriverà poi quasi a giocare con l'inclinazione della superficie dove si stende la Città di Milano, come a farla scivolare avanti e indietro a proprio piacimento.

Coltivare la rappresentazione permette lo sviluppo di mondi separati. Nel 2006, rispondendo alle domande di una trasmissione televisiva a proposito dell'insuccesso del progetto dello Zen di Palermo, Gregotti afferma con sicurezza che 'il progetto dello Zen è bellissimo' (Gregotti, 2006), intendendo che se quello che è stato costruito in questo caso non ha funzionato, non è per un limite del progetto ma perché il mondo non vi si è conformato, lo ha anzi rigettato. Lo Zen dunque è stato progettato in quel raddoppio del mondo che è il mondo della rappresentazione: dove tutto tornava in conformità ai principi di quella stessa rappresentazione garantita dal soggetto rappresentante (Fig. 2).

Le scale, in quanto sfondi su cui proiettare e cogliere in modo unitario e conforme a un sistema rappresentativo stabilito aprioristicamente, hanno svolto un ruolo centrale nel garantire risultati professionali e tradizioni disciplinari interne alle Scuole. Tanto che nel corso degli anni Sessanta e Settanta, le Scuole di Architettura sono diventate Scuole di rappresentazioni conformi, incidendo in modo rilevante non solo nella coesione di un nuovo corpo accademico e nei sistemi di organizzazione disciplinare delle Scuole stesse, ma anche nella concettualizzazione del ruolo del contesto territoriale e urbano in cui si trova a lavorare il progettista. Se dunque la riflessione sulla scala ha avuto tanto merito nella costruzione di una certa legittimazione disciplinare dell'architettura nel corso degli anni Sessanta e seguenti, oggi forse occorre porsi nuovamente la domanda: l'attribuzione di una certa scala funziona ancora come apertura di uno spazio di rappresentazione? E, soprattutto, questa operazione legittima l'autonomia del sapere architettonico?

**Moltiplicazioni e relazioni** | La complessità dei nodi che il progetto è impegnato a sciogliere è resa sempre più esplicita da due evidenze. Una è il moltiplicarsi delle informazioni a disposizione per ogni area d'intervento, solo parzialmente arginate dagli strumenti per la gestione



Figg. 1-3 | Gregotti Associati, project of the Università della Calabria, Cosenza, 1974.

dei flussi informativi, che anzi sono a loro volta motivo di ripensamento dei piani di formazione delle competenze. L'altra, e più rilevante, è l'impossibilità di considerare autonome queste aree di intervento, in quanto difficilmente isolabili dalla densità ed eterogeneità dei sistemi di relazioni che le definiscono senza che ne vadano persi aspetti sostanziali.

Queste evidenze non solo trovano riscontro nei resoconti dell'attività professionale, ma sono anche il punto di partenza di molta riflessione teorica come quella di due influenti pensatori contemporanei, Doreen Massey e Bruno Latour. La prima, in *For Space* (Massey, 2005), analizza criticamente l'idea del senso d'identità dei luoghi abitati dall'uomo, chiedendosi a quale scala si possa ritenere di trovarlo, e concludendo che molte delle caratteristiche che vi attribuiamo derivano dalle relazioni sovralocali in cui un certo luogo è immerso. Lo spazio è definito dall'intersezione delle relazioni sociali, economiche e materiali che interagiscono a tutte le scale piuttosto che attraverso la scelta per una specifica scala capace di catturarlo e, nel tentativo d'indicare la radice di quello che ritiene un pregiudizio diffuso e secolare, Massey chiama rappresentazione questo modo d'intendere lo spazio come fosse una statica sezione nel fluire organico del tempo.

Se Massey muove le sue ipotesi verso la

città partendo dalla geografia, Latour affronta in maniere ancora più radicale la questione ponendosi in qualche modo in continuità con la tradizione filosofica di cui si accennato. Le prime pagine del suo libro *Non Siamo Mai Stati Moderni* (Latour, 2009) sono dedicate a chiarire quale sia lo statuto ontologico degli oggetti con cui deve fare i conti un'indagine epistemologica che voglia cogliere il mondo contemporaneo (cioè quella del suo programma di ricerca): tali oggetti non sono esclusivamente né fatti scientifici né costruzione d'interesse né effetti del discorso, ma reti che collegano questi piani insieme. Di conseguenza, la stessa indagine epistemologica non può autonomizzarsi in scomparti disciplinari – alla scienza il fatto, alla sociologia il contesto, alla linguistica il discorso e via dicendo – ma si tratterà di un'opera di traduzione e di spola tra i fili delle reti che tengono dinamicamente insieme e ibridano queste dimensioni senza ridurre l'una alle altre. L'epoca moderna, anche qui bersaglio polemico dei due pensatori, è un'epoca che ha tentato invece di convincersi della separazione, della depurazione e dell'incommensurabilità dei saperi (Fig. 3).

Si tratta in entrambi i casi di acquisizioni epistemologiche e metodologiche importanti, ma al contempo di una messa in crisi di certe pretese di controllo disciplinare, tra cui quelle dell'architettura di farsi scienza dello spazio

costruito a partire dalla sola messa in rappresentazione di quest'ultimo. Le criticità deribbero sia dal definire con chiarezza e distinzione l'oggetto da rappresentare sia dallo stabilire uno spazio di rappresentazione autonomo in cui progettare il proprio oggetto, ovvero dalla possibilità di controllare tale oggetto attraverso sistemi di rappresentazione che sono a loro volta, per dirla con Latour, 'prodotto di un atto di separazione'. A tali sistemi seguirebbe infatti a corollario la difficoltà di stabilire delle operazioni di misura significative. Dal punto di vista scientifico cioè, l'aspetto problematico è dato dalla difficoltà di misurare, e quindi eventualmente di poter inserire in un sistema esplicativo, le reciproche influenze degli elementi posti su varie scale, dato che queste sono piuttosto indici d'incommensurabilità. Come comparare ciò che si è stabilito essere incomparabile? L'identificazione di un elemento secondo la sua sola appartenenza a una certa scala non sembra quindi essere utile alla costruzione di parametri conoscitivi oggettivi e insiemi di ipotesi falsificabili dal progetto, almeno a guardare gli ambiti in cui oggi deve muoversi l'azione di quest'ultimo.

**Crisi delle rappresentazioni** | Per specificare ulteriormente la natura di queste criticità nella direzione del progetto architettonico, che era

rimasta all'evidenza del sovraccarico informativo e della densità dell'intreccio di relazioni, si pensi proprio agli ambiti appena citati. È raro sentire di un progetto – almeno nel contesto delle nostre città dove la spinta all'espansione edilizia si è pressoché esaurita – che presenti un decorso lineare e costante; il progetto subisce piuttosto una serie di modificazioni o deviazioni rispetto all'esito preventivato che, per ipotesi, sono in qualche modo proporzionali a quella che sempre Latour (2013), ma in un altro testo, definisce come un'incapacità strutturale del mondo contemporaneo di distinguere le cause e gli effetti di azioni che anche se rilevate su piccola scala si perdono in una trama globale di connessioni di carattere tecnico e politico. Difficile quindi sostenere, rispetto a questo contesto, l'eccezionalità delle deviazioni, più facile constatarne il carattere endemico.

Quanto rilevato da Latour equivrebbe nell'azione progettuale alla difficoltà di stabilire, di volta in volta e lungo il suo corso, quali siano i soggetti portatori d'interessi in qualche modo determinanti rispetto al progetto. Non è questa la sede per una ricostruzione storica dello sfaldamento progressivo delle soggettività tradizionalmente forti del territorio, basti considerarlo un processo osservabile da ogni punto di vista: quello delle ricerche di cui si è scritto, e poi quello burocratico e amministrativo, politico e giuridico, storico ed economico e così via.

Allo sfaldamento di tali soggettività segue una parziale mancanza di gerarchie da prendere a riferimento – si ricordi il metodo di produzione delle scale progettuali di Samonà – nella formulazione di Piani: in un ordine precario è cioè molto complicato prevedere con anticipo e sicurezza il percorso di mediazioni e partenariati ideale per il progetto, anche perché, tra l'altro, mancando il carattere di stabilità non c'è alcun ideale come termine di confronto. In questa sorta di continua mobilità che pervade il progetto e i suoi riferimenti, l'attribuzione di scala in quanto messa in rappresentazione che garantisce una forma di controllo sul rappresentato ha perso qualcosa di essenziale: da una parte un soggetto assoluto che possa proiettarla, dall'altra un rappresentato che se ne lasci contenere. In altre parole: si passa dalle certezze del soggetto autore all'incertezza di tanti soggetti contingenti, il che implica anche che la rappresentazione non sia la forma con cui il soggetto media il mondo, ma anzi, che sia la rappresentazione stessa a essere continuamente mediata da questo.

**Limiti delle visioni immediate** | Una rappresentazione ancora intenzionata a mediare il mondo è per esempio quella che Stefano Boeri (2020a) espone in un'intervista al giornale *La Repubblica*. Interrogato su come saranno le città passata l'emergenza Covid-19, Boeri elenca degli elementi (virus, polveri sottili, spopolamento, dehors, tasse) che partecipano della complessità del problema e che subito risolve in una serie di soluzioni scalari. Quella territoriale e nazionale: il ritorno ai borghi abbandonati; quella urbana: la riduzione del traffico e più verde; quella architettonica: lo spostamento di attività e servizi situati in interni all'esterno, eliminando la richiesta fiscale sull'uso

dello spazio pubblico. Una rappresentazione che tiene tutto insieme, irradiata da un centro – Boeri stesso – che dispone in modo prospettico (le varie scale) i rappresentati. I significati delle relazioni tra questi elementi sono così dati dalla prospettiva del soggetto autore da cui dipendono in modo assoluto.

I rappresentati però escono dalla rappresentazione. Sforzandosi di considerare le implicazioni reciproche che i rappresentati hanno al di fuori della rappresentazione, cioè affrontando il problema che si era posto rispetto alla possibilità di misurare tali implicazioni quando inserite in sistemi di rappresentazione incommensurabili – in questo caso la rappresentazione a scale di Boeri – ci si chiede se certe non portino a conseguenze contraddittorie: l'utilizzo sistematico della seconda casa nei così detti territori interni da parte delle famiglie di città comporterebbe più o meno emissioni? L'utilizzo privato dello spazio esterno, detassato, si allinea alla conversione di quello stesso spazio in aree verdi pubbliche? E così via. Non stupisce che, sempre Boeri (2020b), in un'altra intervista rilasciata a stretto giro, questa volta in occasione dell'inaugurazione del nuovo Ponte di Genova di Renzo Piano e a valle della considerazione per cui lo stato d'eccezione in cui si era svolto il progetto di ricostruzione avesse giovato all'immediatezza della sua messa in atto, identifichi nella burocrazia il grande nemico della visione (dell'architetto). La burocrazia è in effetti mediazione istituzionalizzata e coatta delle rappresentazioni, mentre la visione vuole l'immediata messa in rappresentazione del mondo.

**Multiscalarità** | Proporre (o anche rimpiangere) una visione di questo tipo implica appellarsi alla presenza di un soggetto sovrano in grado di decidere in modo immediato e assoluto (Galli 2008), mentre si constata – almeno in condizioni non emergenziali, come fa del resto lo stesso Boeri – che le possibilità decisionali su piccola scala sono mediate da quelle su scale

transnazionali e globali, e allo stesso tempo i grandi soggetti globali devono confrontarsi con la mediazione differenziante dei processi di localizzazione. Se un'azione di trasformazione che mira a essere effettiva deve passare attraverso un tale trama di mediazioni, allora rivolgersi al territorio, per tornare a Gregotti, significherebbe rinunciare al desiderio di introiettarlo dentro una rappresentazione o, per dirla in altro modo, che la rappresentazione non sia posta aprioristicamente ma invece trattata come momento dell'azione stessa.

La capacità di produrre una rappresentazione attraverso l'azione mediata, la possiamo chiamare multiscalarità. Dentro l'area di mediazione le scale riflettono gli spazi d'incontro e di scontro delle prospettive dei soggetti che partecipano o sono interessati alla trasformazione. La competenza dell'architetto è di identificare, mappare e muoversi in questi spazi. La multiscalarità è un sapere dell'azione, dello spostarsi tra spazi, il contrario di quell'atto d'istituzione soggettiva di uno spazio dove collocare oggetti con cui si è definita l'attribuzione di scale in quanto messa in rappresentazione. Senza questo sapere dell'azione si rimane a lamentarsi per la perdita di quella 'visione del territorio' che solo un soggetto sovrano, capace di mettere il mondo in scala, potrebbe porre: proiezione di una soggettività e un potere che tiene tutto insieme. Le scale invece possono essere gli strumenti con cui il progettista produce rappresentazioni parziali, mappe e non territori. Un'analisi multiscalarare di uno spazio prende queste rappresentazioni e le mette alla prova dei soggetti che oggettivano – non mette cioè il mondo nei disegni, ma i disegni nel mondo – e vuol servire a orientare l'azione attraverso quel processo di mediazione e generazione del progetto che sta proprio in quella porzione di spazio di mondo.

**È possibile insegnare l'azione?** | C'è infine da considerare se quello che è stato definito un sapere dell'azione possa essere considera-

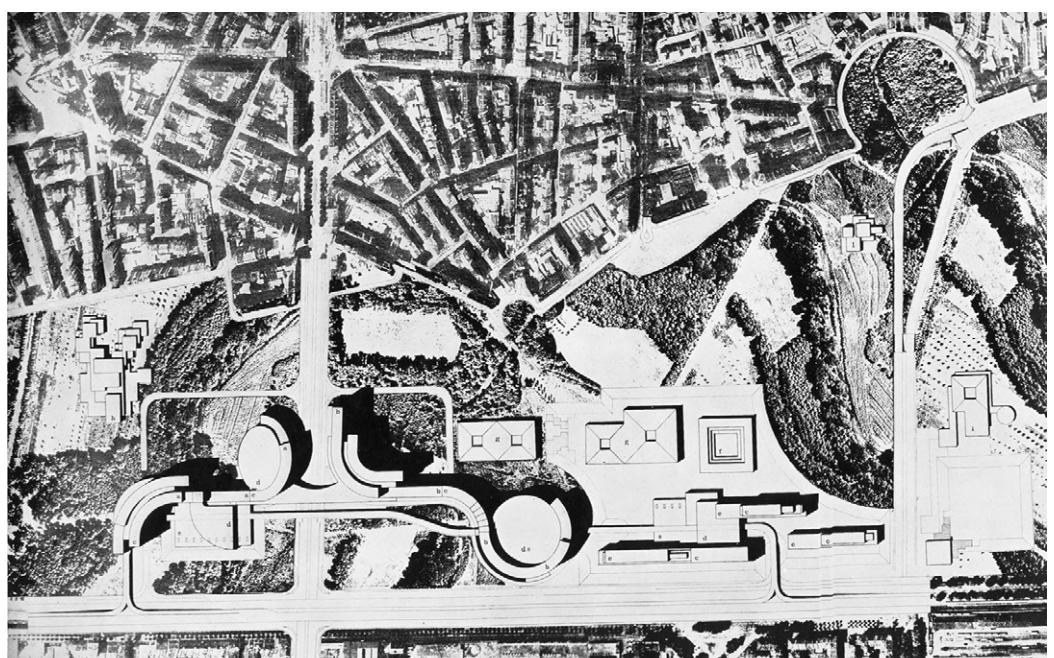
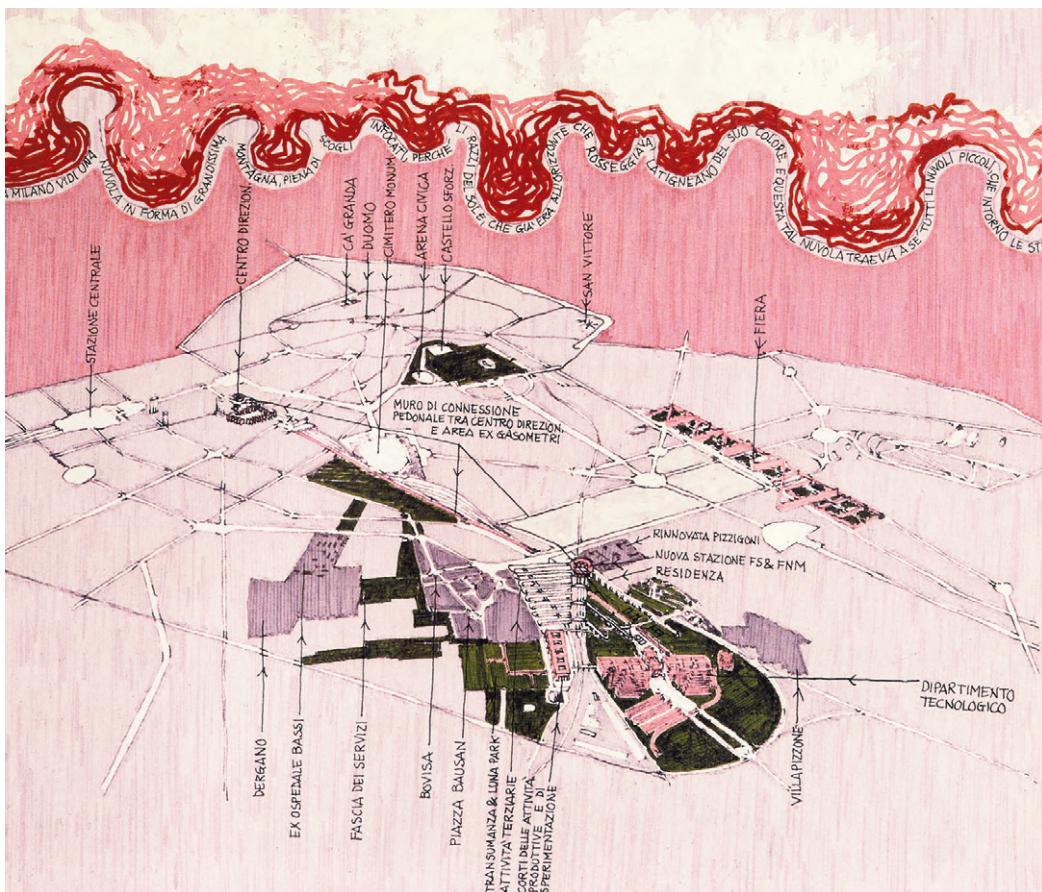
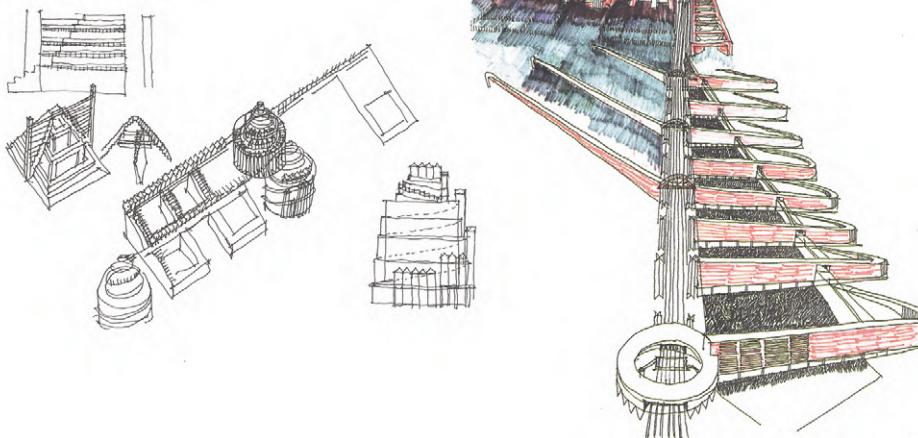


Fig. 4 | Guido Canella, project of the Centro Direzionale in Torino, 1962 (source: Casabella, n. 278, 1963).

1986, Milano, XVII Triennale, nuovo insediamento Politecnico alla Bovisa



Figg. 5, 6 | Guido Canella, project of the New Settlement of the Polytechnic University in the Bovisa district, 1986 (source: Canella, 2005).

to veramente tale, nel senso se possa essere trasmesso e valutato. Si è fatto cenno alla svolta istituzionale che nuovi criteri di valutazione chiedono alle Scuole di Architettura. Qui, nello stesso modo, si ribalterebbe l'argomentazione per cui la determinazione della competenza architettonica sia da fondarsi sulla pretesa autonomia dello statuto rappresentativo del suo oggetto – l'edificio e la città – o di un metodo di rappresentazione sempre riferito ai medesimi oggetti, e sarebbe necessario confrontarsi con il problema della costruzione teorica di un oggetto conoscitivo – l'azione – che sia comprensibile, trasmissibile e inquadrabile in un orizzonte di regolarità. Sull'appello al discorso scientifico come proprio discorso da

parte degli urbanisti ha scritto non senza ironia Françoise Choay (1986) ne *La Regola e il Modello*, trovando che generalmente l'appello o rimane tale o che la scientificità è posta in maniera assiomatica. Nondimeno, tale confronto è ineludibile per una Scuola e per la ricerca che vi si svolge (Amirante, 2018) ed è doveroso farsene carico.

**Conclusioni** | Si è proposta una lettura del concetto di scala che guardasse criticamente al suo uso nella tradizione teorica della Scuola italiana. Attraverso la lente della modernità interpretata come epoca della rappresentazione soggettiva, si è identificata l'attribuzione di scala con una messa in rappresentazione. Tale

paradigma però non sembra più in grado di tener conto della complessità di cui sono portatori gli spazi in cui viviamo e, al contempo, non sembra adeguato a una valutazione dell'oggettività del sapere architettonico. Per questo si è proposto di pensare non aprioristicamente ma pragmaticamente alle scale come parti di uno strumento orientativo nell'area di continua mediazione in cui si deve muovere oggi l'azione progettuale, e si è dato il nome di multiscalarità alla capacità di usarle in questo senso. Per concludere: non si misconosce il valore dell'attribuzione scalare, come ben sa chiunque abbia frequentato una classe di progettazione, ma si invita a riflettere su posizione, ruolo e possibilità del progettista che voglia oggi partecipare alla trasformazione del mondo.

There is a scale for any season. The fact that scale is a concept that is intrinsic to architectural projects and, therefore, must be implemented regardless of individual historical operating conditions, does not mean that it cannot be revisited, and addressed, each time such historical operating conditions require it. Specifically, within the current national context, in light of the attempt to build less discretionary standards and evaluation criteria than those governing Architectural Schools until a few years ago, Universities and other bodies that deal with producing and transmitting the sector's know-how are once again faced with the issue of evaluating the true disciplinary field ruling over scale. In other words, how one's own coordinated operations can be subject to checks that establish their degree of relevance and, ultimately, their scientific merit. The issue of scales is in fact the terrain on which the game of affirming a disciplinary domain is played, and as such has been tackled from different perspectives and with different operational objectives.

**Scales in Italian tradition** | A game that has been played before. To describe it we can go back to a well-known previous event. In 1968 is published *Teoria della Progettazione Architettonica* (Canella et alii, 1968), a volume that includes interventions by Canella, Gregotti, Rossi, Semerani and Tafuri, in the form of lessons in view of a course of design theory to be held at the Instituto Universitario di Architettura di Venezia. Giuseppe Samonà, who also signed the introduction, wrote one of the lessons: *Le Scale di Progettazione e l'Unità nel Metodo* (Samonà, 1968). Within this book, the scale is intended as the intermediate result, with respect to the conclusion of the architectural design proposal to be produced, of a method consisting of the perimeter of the elements useful for an analytical determination to solve the design problem at hand. According to Samonà, this method became necessary since the design of architectural objects could no longer ignore the understanding of aspects that pertained to cities and territories. The general form of such aspects, then turned into an essential reference for specific elements, and the complex economic and social connections that characterize them. Indeed, staircases can lead the way to

grasp the right dimension for design placement, and the right viewing perspective.

The Theory of Architectural Design is obviously not an isolated case, but the consequence of the work of authors who in those years went on to make their fortune within the realm of Italian architecture. From Vittorio Gregotti (1965) to Aldo Rossi (1966), until Giorgio Grassi (1967), a series of proposals are brought forth that, although having divergent legitimate strategies, share an identical assumption: the possibility of a measurement method that aims to objectively grasp the essential categories of building scales, thus concurrently establishing the scientific nature of the discipline. The correspondence between scalar sequence and design, therefore became intertwined in theories and Schools (Lovero, 1993), with attempts to establish such a method, further referred to as an autonomous language (Tafuri, 1968) since it was deemed a special tool to describe the design object, and therefore was assimilated under a specific intervention modality capable of grasping the problem posed by the object and possibly, by continuing to use the internal tools of the language herein, solve it.

The concept that it is possible to deduce such an autonomous cognitive system starting from an analysis conducted with exclusive tools, despite the inevitable mutations due to the hands of time, is alive and verifiable in contemporary debate via two main symptoms. On the one hand, the continuous presence of an autonomous disciplinary founding instance in every discourse legitimizing a design, and on the other, its subjective corollary, given by the pervasiveness of the authorial sovereignty model, personified in the globalized and sensationalized variant of the archi-star. It is no coincidence that Pier Vittorio Aureli (2011) proposed interpreting both trends virtuously, by writing a book entitled *The Possibility of an Absolute Architecture*.

**The attribution of scale is an action of representation** | The hypothesis proposed herein is that these methods, including the attribution of scale, are a representation, or a subjective act of establishing a space within which it becomes possible to place, in relation to the same subject, the set of elements that take part in the transformation process, so that this provision informs the operational alternatives and has the characteristics of an autonomously established knowledge, thus legitimizing the rationality of the architectural design. Scale is a way of representing the world and, by its representative nature, is an instrument to control the work represented.

Furthermore, if, as has been written, the architectural representation takes on at least as many forms as the main interpreters, its legitimacy also involves the designer's authority as the one who has control, since the latter is the author of the work represented. The fact that knowledge is based on a subject that holds objects in plain evidence within a space, as its guarantor, namely with clarity and distinction (Descartes, 2014), is the paradigm of modern thought, at least according to well-known reconstructions of philosophical thought (Heidegger, 2002; Foucault, 2018), which attribute to

this image of the world its decipherable, controllable and, therefore, transformable result.

**A case of appropriation** | The image of the world at the drawing board has a great seductive power. The supposed decipherability of a world, which in those same years was undergoing radical transformations, became an extraordinary cognitive opportunity for architects eager for clarity and evidence. Vittorio Gregotti, for example, designed the plan for the University of Calabria based on the scale of the territory (Fig. 1), consistently following the proposals expressed in *Il Territorio dell'Architettura* (Gregotti, 1965) to integrate the latter, even if understood as a multiplicity of meanings, into the design action.

Thanks to the recognition of a shape within the world (the lively hills of the Crati Valley), Gregotti could trace a foundational basis (the peremptory axis of the Università della Calabria, to which proportion the hills contributed) by enabling appropriation operations of vast proportions of the landscape by the project. It is crucial, however, where such an appropriation takes place: it is not during action, but during architectural representation that the territory should merge with the design. Thanks to the use of a system of formal rules appropriate to each representation and established by Gregotti himself, the author is allowed to take possession of the supposed rules establishing the landscape (indeed, the same could apply to the historical city, or to the morphotypes) as well as any other architectural representations. There is no lack of representations of this type: Guido Canella, for example, draws the project for the Centro Direzionale at the scale, and therefore in a direct relationship, of an entire area of Turin. Canella itself will then arrive almost to play with the inclination of the surface where the City of Milan lies, as slide it back and forth to his liking.

Cultivating the representations allows for the development of separate worlds. In 2006, while answering questions during a television broadcast about the failure of the Palermo Zen project, Gregotti confidently stated that 'the Zen project is wonderful' (Gregotti, 2006), meaning that if what was built in this case did not work, it is not due to design limitations, but rather because the world has not conformed to the design and, on the contrary, it has rejected it. Zen was therefore designed in that doubling of the world that creates the world of representation. Where everything was rendered in accordance with the principles of such representations ensured by the represented subject (Fig. 2).

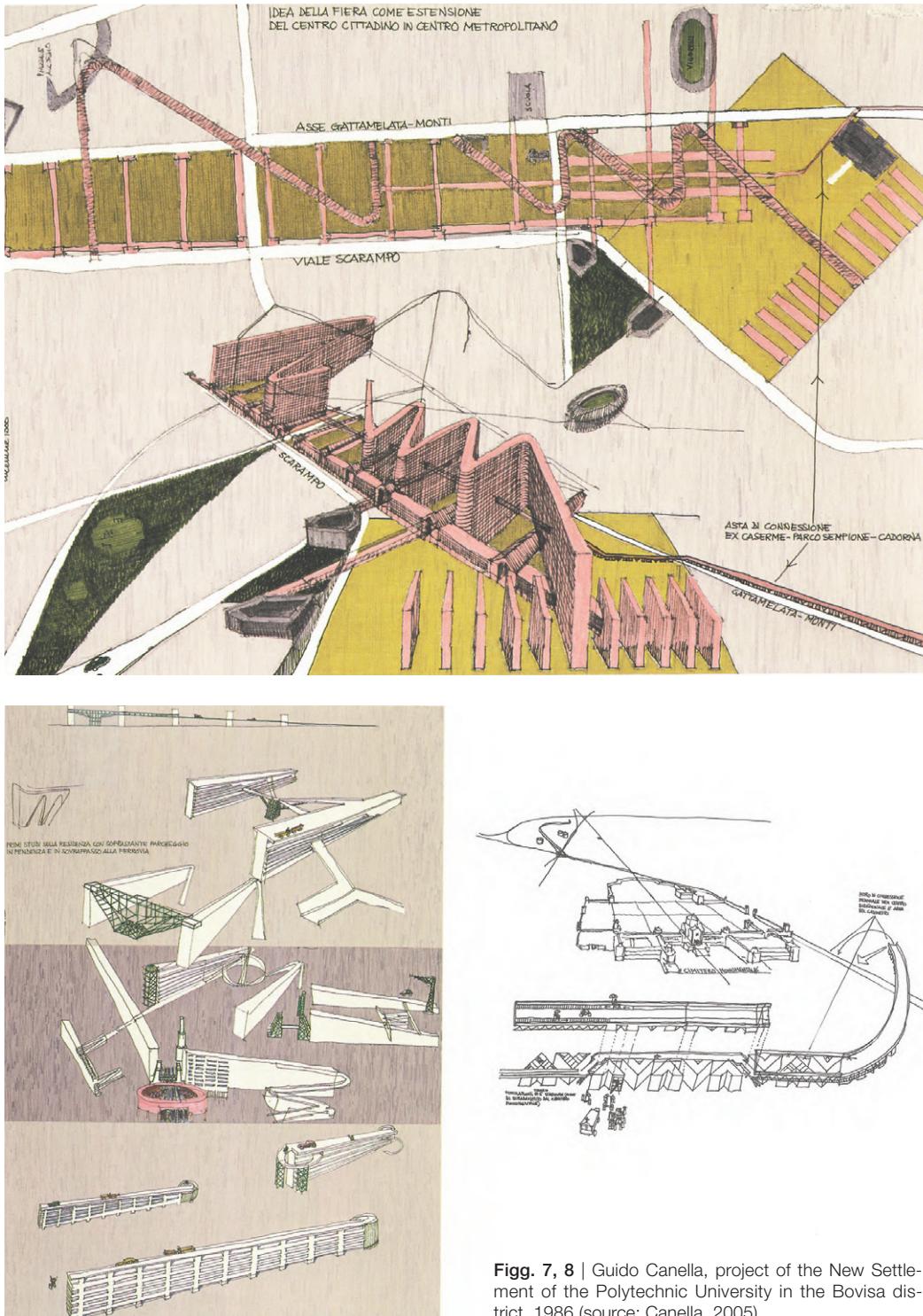
Scale, as the background on which to project and grasp in a unitary manner and in accordance with a representative system established a priori, has played a central role in ensuring professional results and disciplinary traditions within the Schools. So much so that during the sixties and seventies, the Schools of Architecture became Schools of compliant representations, significantly affecting not only the cohesion of a new academic body and the disciplinary organizational systems of such Schools, but also the conceptualization of the designer's role within the territorial and urban

work context. If, therefore, the reflection on scale had so much merit in construction of a certain architectural disciplinary legitimacy during the sixties and later, today perhaps the question must be asked again: Does attributing a certain scale still function to open a space to representation? Above all, does this operation legitimize the autonomy of architectural knowledge?

**Relationships of multiple elements** | The interwoven complexities that design must unravel is made more apparent by two findings. One is the multiplying of information available for each area of intervention, only partially confined by the tools for managing information flows, which in fact are in turn a reason to rethink architectural programs. The other, and more relevant one, is the impossibility of considering these areas of intervention as autonomous, since they are difficult to isolate from the density and heterogeneity of the relationship systems that define them without losing substantial aspects.

These findings are not only reflected in the professional activity reports, but are also the starting point of much theoretical discussion such as that of two influential contemporary thinkers, Doreen Massey and Bruno Latour. The former, in *For Space* (Massey, 2005), critically analyzes the idea of a sense of identity for places inhabited by man, wondering at what scale it can be considered to be found, and concluding that many of the characteristics that we attribute to it derive from supra-local relationships in which a certain place is immersed. Space is defined by the intersecting of social, economic and material relationships that interact at all scales rather than through the choice of a specific scale capable of capturing it and, in an attempt to indicate the root of what it considers a widespread and secular prejudice, Massey calls representation this manner of understanding space as if it were a static segment within the organic flow of time.

If Massey moves his hypotheses towards the city beginning with geography, Latour addresses the topic in an even more radical manner, placing himself, in some fashion, in continuity with the above-mentioned philosophical tradition. The first pages of his book, *Non Siamo Mai Stati Moderni* (Latour, 2009), is aimed at clarifying what is the ontological status of the objects to be addressed by an epistemological investigation targeted at capturing the contemporary world (i.e. that of his research program): such objects are not exclusively scientific facts or constructions of interest or effects of the discussion, but rather networks that link these plans together. Consequently, the epistemological investigation itself cannot be autonomized into disciplinary segments. Facts belong to science, context to sociology, speech to linguistics, and so on. Nevertheless, the work needs to be translated and shuttled between the network framework that dynamically holds together and hybridizes such dimensions without reducing one to the others. The modern era, the controversial target of the two thinkers, is an era that has indeed tried to convince itself of the separation, purification, and incommensurability of knowledge (Fig. 3).



**Figg. 7, 8** | Guido Canella, project of the New Settlement of the Polytechnic University in the Bovisa district, 1986 (source: Canella, 2005).

Both cases deal with significant epistemological and methodological findings but, at the same time, it results in a crisis of certain claims for disciplinary control, including those calling for architecture to become a science of the space created starting from the mere representation of the latter. The critical issues would derive both from clearly defining and distinguishing the object to be represented, and from establishing an autonomous representation space for projecting one's object, or namely the possibility of controlling such object through systems of representation which are in turn, to put it in Latour's words, a product of an act of separation. In fact, the difficulty of establishing significant measurement operations would ensue for such systems. Meaning that from a sci-

entific point of view, the problematic aspect consists of the difficulty of measuring, and therefore possibly being able to explain, the reciprocal influences of the elements placed within various scales, since these are instead incomparability indexes. How can something that has been established to be incomparable be compared? The identification of an element according to how it belongs to a certain scale does not, therefore, seem to be useful for the construction of objective cognitive parameters and sets of hypotheses falsifiable by the design, at least when looking at areas in which the action of the latter must move today.

**Representation crisis** | To further specify the nature of these critical issues in the direction of

architectural design, which remained evident from the information overload and the density of the intertwining relationships, just think of the areas just mentioned. It is rare to hear of a project, at least within the context of our cities where the push for building expansion has almost run out, that shows a linear and constant course; rather, the project undergoes a series of modifications or deviations from the estimated result which, by hypothesis, are in some way proportional to that which Latour, in another book (2013), defines as a structural inability of the contemporary world to distinguish the causes and effects of actions that, even if detected on a small scale, are lost in a global web of technical and political links. The exceptional nature of the deviations is therefore difficult to maintain within this context, while it is easier to ascertain their endemic nature.

What Latour pointed out would mean the difficulty of establishing, in the project action from time to time and along its course, which are the subjects who are in some way decisive in relation to the project. This is not the place for a historical reconstruction of the progressive breakdown of the traditionally strong subjectivities of the territory, it is enough to consider it a process observable from every point of view: that of the research from which it originates, and the bureaucratic and administrative, political and legal, historical and economic one, and so on.

The shattering of these subjectivities is followed by a partial lack of hierarchies to be taken as a reference (the production method of Samonà's design scale should be noted) in the formulation of Plans. In a precarious order, it is therefore very complicated to envisage the ideal path of mediation and partnerships for the project in advance and safely, also because since it lacks a nature of stability, there is no ideal as a term of comparison. In this sort of continuous mobility that pervades the design and its references, the attribution of scale as a representation that ensures a form of control over what is represented has lost something essential: on the one hand, an absolute subject that can project it, and on the other, a representation that can be contained. In other words, we go from the certainties of the author subject to the uncertainty of many contingent matters, which also implies that representation is not the form with which the subject mediates the world, but rather, that it is the representation itself that is continuously mediated from the latter.

**Limits of immediate visions** | A representation that is still intent on mediating the world, for example, is the one that Stefano Boeri (2020a) explains in an interview with the newspaper *La Repubblica*. When asked how cities will become once we are beyond the Covid-19 emergency, Boeri lists the elements (viruses, fine particles, depopulation, outside spaces, taxes) that add to the complexity of the problem and that he immediately solves within a series of scalar solutions. The territorial and national one: a return to abandoned villages; the urban one: a traffic reduction and more green areas; the architectural one: moving of activities

and services located indoors to outdoors, eliminating the tax demands on the use of public space. A representation that holds everything together, radiating from the center, with Boeri arranging the representations in a perspective manner (the various scales). The meanings of the relationships between such elements are thus provided by the perspective of the author on which they depend in an absolute manner.

However, the represented leave the representation. Striving to consider the reciprocal implications that those represented have outside the representation, that is, addressing the problem that had arisen with respect to the possibility of measuring these implications when inserted in immeasurable systems of representation, in this case the representation in Boeri's scales, one wonders if some do not lead to contradictory consequences: would the systematic use of a second home in the so-called internal territories by city families entail more or less emissions? Does the private use of the outdoor, tax-free space align with the conversion of that same space into public green areas? And so on and so forth. It is not surprising that, once again Boeri (2020b), in another interview released shortly thereafter, this time for the inauguration of the new Genoa Bridge by Renzo Piano and downstream of the consideration by which the exceptional state in which the reconstruction project was carried out had benefited from the immediacy of its implementation, identify the great enemy of the vision (of the architect) as bureaucracy. Bureaucracy is in effect institutionalized and forced mediation of representations, while the vision warrants immediate representation to the world.

**Multiscalarity** | To propose (or even regret) such a vision implies appealing to the presence of a sovereign subject able to decide immediately and absolutely (Galli 2008), while it is observed, at least in non-emergency conditions, as Boeri himself does, that the small-scale decision-making possibilities are mediated by those on a transnational and global scales, and

at the same time the large global players must deal with the differentiating mediation of the localization processes. If a transformation action that aims to be effective must go through such interwoven mediations, then turning to the territory, going back to Gregotti, would mean giving up the desire to introject it into a representation or, to put it in another way, that the representation it is not placed a priori but instead treated as a time of action itself.

We can call such ability to produce a representation through mediated action, multiscalarity. Within the mediation area, scale reflects the meeting and confrontation spaces of the perspectives of the subjects who participate or are interested in the transformation. The architect's competence is to identify, map, and move within these spaces. Multiscalarity is a knowledge of action, of moving between spaces, the opposite of that subjective space instituting act where to place objects with which the attribution of scale has been defined as it is placed into representation. Without this knowledge of the action, all we can do is complain about the loss of that 'vision of the territory' that only a sovereign subject, capable of scaling the world, could pose: projection of a subjectivity and a power that holds everything together. Scale, on the other hand, can be the tool with which the designer produces partial representations, maps, and not territories. A multiscale analysis of a space takes these representations and tests them on objective subjects that is, it does not put the world in the drawings, but the drawings in the world, and serves to guide the action through that process of mediation and generation of the design that is precisely in that portion of world's space.

**Is it possible to teach action?** | Finally, it is necessary to consider whether what has been defined as knowledge of action can be considered truly as such, in the sense of whether it can be transmitted and evaluated. Reference was made to the institutional turn that new evaluation criteria require the Schools of Archi-

ecture to make. In the writing herein, by the same token the argument would be reversed that the determination of architectural competence is based on the alleged autonomy of the representative statute of its object, namely buildings and the city, or on a method of representation further referring to the same objects, and it would be necessary to deal with the problem of the theoretical construction of a cognitive object, or action, which is understandable, transmissible, and can fall within a framework of regularity. Françoise Choay (1986) wrote in *La Regola e il Modello*, certainly with a touch of irony, finding that generally the appeal to scientific discourse either remains as such, or that science is axiomatically placed. None-theless, this comparison is unavoidable for any School and research that takes place therein (Amirante, 2018) and it is right to take charge of it.

**Conclusions** | A written evaluation of the concept of scale was proposed that looked critically at its use in the theoretical tradition of the Italian School is proposed. Through the lens of modernity interpreted as an era of subjective representation, the attribution of scale has been identified with putting representation into place. However, this paradigm no longer seems able to take into account the complexity of the spaces in which we live and, at the same time, it does not seem adequate for an evaluation of the objectivity of architectural knowledge. For this reason, it was proposed to think not a priori but pragmatically of scale as part of an orientation tool in the area of continuous mediation in which the design action must move today, and the name of multiscalarity has been given to the ability to use them in this sense. To conclude: the value of scalar attribution is not misunderstood, as anyone who has attended a design class knows, but we invite you to reflect on the position, role, and potential of the designer who wants to participate in the transformation of our current world.

## References

- Amirante, R. (2018), *Il progetto come prodotto di ricerca – Un'ipotesi*, LetteraVentidue, Siracusa.
- Aureli, P. V. (2011), *The Possibility of an Absolute Architecture*, MIT Press, Cambridge (MA).
- Boeri, S. (2020a), "The Day After", in *La Repubblica*, newspaper, 21 April 2020, p. 19. [Online] Available at: [www.stefanoboeriarchitetti.net/wp-content/uploads/2020/04/la-repubblica.ashx\\_.pdf](http://www.stefanoboeriarchitetti.net/wp-content/uploads/2020/04/la-repubblica.ashx_.pdf) [Accessed 9 May 2020].
- Boeri, S. (2020b), "Da Genova una lezione poderosa ma non automatica per il post Covid-19", in *The Huffingtonpost*, newspaper online, 28 April 2020. [Online] Available at: [www.huffingtonpost.it/entry/stefano-boeri-da-genova-una-lezione-non-automatica-per-il-post-covid-19\\_it\\_5ea8179fc5b6dd3f908aea36](http://www.huffingtonpost.it/entry/stefano-boeri-da-genova-una-lezione-non-automatica-per-il-post-covid-19_it_5ea8179fc5b6dd3f908aea36) [Accessed 9 May 2020].
- Canella, G., Coppa, M., Gregotti, V., Rossi, A., Samonà, A., Scimeni, G., Semerani, L. and Tafuri, M. (1968), *Teoria della Progettazione Architettonica*, Dedalo, Roma.
- Canella, T. (ed.) (2005), *Guido Canella – Disegni 1955-2005*, Federico Motta, Milano.
- Choay, F. (1986), *La Regola e il Modello – Sulla Teoria dell'Architettura e dell'Urbanistica* [or. ed. *La Règle et le Modèle – Sur la Théorie de l'Architecture et de l'Urbansme*, 1980], Officina Edizioni, Roma.
- Descartes, R. (2014), *Discorso sul metodo* [or. ed. *Discours de la méthode pour bien conduire sa raison, et chercher la vérité dans les sciences – Plus la Dioptrique, les Météores, et la Géométrie qui sont des essais de cette Méthode*, 1637], Einaudi, Torino.
- Foucault, M. (2018), *Le parole e le cose – Un'archeologia delle scienze umane* [or. ed. *Les mots et les choses – Une archéologie des sciences humaines*, 1966], BUR Rizzoli, Milano.
- Galli, C. (2008), *Lo sguardo di Giano – Saggi su Carl Schmitt*, Il Mulino, Bologna.
- Grassi, G. (1967), *La costruzione logica dell'architettura*, Marsilio, Padova.
- Gregotti, V. (2006), "Gli ecomostri dello Zen", tv interview, in *Le Iene*, 24 April 2006. [Online] Available at: [www.iene.mediaset.it/video/ecomostri-quartiere-zen\\_532834.shtml](http://www.iene.mediaset.it/video/ecomostri-quartiere-zen_532834.shtml) [Accessed 13 May 2020].
- Gregotti, V. (1965), *Il Territorio dell'Architettura*, Feltrinelli, Milano.
- Heidegger, M. (2002), "L'epoca dell'immagine del mondo" [or. ed. "Die Zeit des Weltbildes", 1938], in Heidegger, M., *Holzwege – Sentieri erranti nella selva*, Bompiani, Milano, pp 71-101.
- Latour, B. (2013), *Cogitamus – Sei lettere sull'umanesimo scientifico* [or. ed. *Cogitamus – Six Lettres sur les humanités scientifiques*, 2010], il Mulino, Bologna.
- Latour, B. (2009), *Non siamo mai stati moderni* [or. ed. *Nous n'avons jamais été modernes*, 1991], Elèuthera, Milano.
- Lovero, P. (1993), "L'architettura e il suo doppio", in Boudon, P., *La questione della scala tra epistemologia e architettura*, Istituto Universitario di Architettura di Venezia, Venezia, pp. 2-6.
- Massey, D. (2005), *For Space*, SAGE Publishing.
- Rossi, A. (1966), *L'Architettura della Città*, Marsilio, Padova.
- Samonà, G. (1968), "Le scale di progettazione e l'unità nel metodo", in Canella, G. et alii, *Teoria della Progettazione Architettonica*, Dedalo, Roma, pp. 101-120.

## LE MOLTE DIMENSIONI DEL MODELLO DIGITALE

## THE MANY DIMENSIONS OF THE DIGITAL MODEL

Francesca Fatta

### ABSTRACT

Nella costruzione di un modello, il disegno d'architettura non è tanto un 'disegno rappresentativo', quanto piuttosto un 'disegno costruttivo'. Scala e misura sono criteri fondamentali per interpretare e rappresentare le parti di un unicum legate tra loro in un rapporto di gerarchia o di interconnessione. Qui si innesta tutto l'asset della progettazione dove più discipline, o saperi, si integrano per generare modelli che consentano di simularne la costruzione e prevederne gli impatti. Per il disegno digitale lo schermo del computer è come una finestra aperta sullo spazio virtuale del modello che ci permette di osservarlo e di interagire con esso, muovendolo e modificandolo. La realtà virtuale, immersiva, mista, crea le nuove dimensioni che animano il modello e da queste dimensioni si dipana la complessità del progetto multiscalar, frutto di un pensiero multidimensionale, per un modello creativo, multidirezionale, antidogmatico.

In the construction of a model, architectural drawing is not so much 'representative drawing' as 'constructive drawing'. Scale and measure are fundamental criteria for interpreting and representing the parts of a unicum linked together in a hierarchical or interconnected relationship. This gives rise to the entire asset of a project, where various disciplines, or spheres of knowledge, integrate to generate models that make it possible to simulate its construction and predict its impact. For digital design, the computer screen is like a window opening onto the model's virtual space that allows us to observe and interact with it while moving and modifying it. Virtual reality, immersive and mixed, creates new dimensions that animate the model, and from these dimensions, the complexity of the multiscalar project unfolds as the result of multidimensional thinking, for a creative, multidirectional, anti-dogmatic model.

### KEYWORDS

disegno, modello, modellazione tridimensionale, multidimensionalità, rappresentazione

drawing, model, three-dimensional modeling, multidimensionality, representation

**Francesca Fatta**, Architect and PhD, is a Full Professor of Representation at the Department of Architecture and Territory of the Mediterranea University of Reggio Calabria (Italy). Coordinator of the PhD Program in Architecture and President of UID (Unione Italiana Disegno), she carries out research activities in the fields of drawing, representation and communication for Cultural Heritage. Mob. +39 347/88.42.494 | Email: ffatta@unirc.it

È stato detto che la multiscalarità sia il carattere distintivo della sostenibilità ambientale, dato che questa rappresenta una categoria interpretativa sempre più imprescindibile per trattare della complessità dello spazio abitato, pervaso in modo crescente da temi e approcci complessi. Le componenti fisiche, materiali e misurabili dell'architettura si coniugano con la dimensione immateriale, invisibile, dei soggetti che sono i protagonisti attivi dello spazio; la rappresentazione è l'esito di un processo in cui è indispensabile definire un punto di mediazione tra le molteplici istanze che, proprio in nome di tale complessità, non si adattano a essere trattate in forma segmentata da razionalità separate e da un agire settoriale. Scala e misura sono criteri fondamentali per interpretare e rappresentare, per discretizzare e ricomporre pezzi, parti ed elementi legati tra loro in un rapporto di gerarchia o di interconnessione, per indagarne l'ambito tangibile e intangibile, per delinearne criticità e potenzialità.

Qui si innesta in modo naturale tutto l'asset della progettazione, dove più discipline, o saepri, si integrano per generare modelli che consentano di simularne la costruzione e prevederne gli impatti. Questa pratica appartiene a tutte le epoche, dalla costruzione degli archetipi, all'uso degli strumenti grafici e, da circa quarant'anni, anche alle tecnologie informatiche. La costruzione di un modello scientifico garantisce correttezza e dimostrabilità del processo in termini logico-comunicativi, e le immagini prodotte si definiscono 'architettonico-progettuali' perché derivate da processi di conoscenza, da modellizzazioni di fenomeni spaziali; per questo il disegno d'architettura non può essere solo un 'disegno ideativo rappresentativo', quanto piuttosto un 'disegno costruttivo'.

A proposito della teoria del pensiero complesso, è interessante la sintesi data da Edgar Morin in cui i vecchi paradigmi scientifici non vengono esclusi, ma riassorbiti dalla lettura più profonda delle complessità che i sistemi esi-

stenti implicano. «Il pensiero complesso aspira alla conoscenza multidimensionale, ma è consapevole in partenza dell'impossibilità della conoscenza completa [...]. Pertanto il pensiero complesso è animato da una tensione permanente fra l'aspirazione a un sapere non parcelizzato, non settoriale, non riduttivo, e il riconoscimento dell'incompiutezza e dell'incompletezza di ogni conoscenza» (Morin, 1993, pp. 2, 3). E così il disegno interpretato come modello si applica bene per spiegare come varie forme di raffigurazioni, alternandosi e interagendo nel processo progettuale, siano in grado di definire la forma dell'oggetto o dello spazio e le sue molte dimensioni.

**La costruzione del modello** | Vorrei dunque partire dall'idea di modello per delineare – in una forma di pensiero circolare – quanto il digitale si apra a pensieri complessi che si riferiscono a sistemi dinamici e informazionali, sistemi spazio-temporali che scambiano costantemente dati tra gli elementi che li compongono e tra questi e l'ambiente circostante, mutando e fluttuando in maniera evolutiva (Gausa, 2019). Ma riallacciandoci a un pensiero antico, o forse eterno, sulla necessità di conoscenza che sta alla base dell'esigenza scientifica, vorrei trattare dei modelli digitali che abitano lo spazio liquido del virtuale dove il legame con lo spazio e il tempo possono apparire relativi (Uñali, 2014). Per il digitale, lo schermo del computer è come una finestra aperta sullo spazio virtuale del modello, che ci permette di osservarlo e di interagire con questo, muovendolo e modificandolo (Fig. 1).

Un modello 3D, essendo costruito in digitale a scala 1:1, può essere utilizzato in modo a-scalare perché il sistema di visualizzazione permette di avvicinarsi infinitamente agli oggetti. Le caratteristiche qualitative restano comunque legate alla natura, alla qualità e alla esaurività dei temi rilevati e correttamente restituiti dal modello stesso. Tanto più accuratamente

sarà costruito il modello, tanto meglio questo rappresenterà la realtà in esame, la qualità generale del prodotto, l'essenzialità e l'accuratezza attraverso cui sono modellati gli elementi che rappresentano le caratteristiche peculiari che ne fissano globalmente la significatività. Questa significatività va intesa come una sorta di scala, o meglio, come 'il campo di rappresentazione ottimale'. La costruzione del modello digitale non è un processo automatico, essa ha origine nel pensiero del progettista ed è controllata dalla sua abilità di plasmare le forme tridimensionali dell'architettura e di comporre insieme. La realizzazione si articola in tre fasi distinte e successive: la sintesi, la riduzione e la proiezione (Migliari, 2003).

Nella prima fase, la 'sintesi', l'oggetto del quale si vuole costruire il modello viene estratto dalla realtà cui appartiene e a esso viene sostituita una sua copia ideale: il 'modello geometrico', grande quanto il vero. Questa copia è fatta di forme geometriche pure, opportunamente composte, le quali approssimano la forma, più complessa e irregolare, dell'oggetto reale. Nella seconda fase, la 'riduzione', il modello geometrico viene semplificato e ridotto in modo che le sue dimensioni siano confrontabili con quelle del foglio di carta che dovrà ospitare la sua stampa o con le capacità di memoria del computer. Questa riduzione si effettua dividendo le dimensioni del modello geometrico al vero per un fattore costante, 'k'. Il rapporto  $1/k$  si dice 'scala del modello' e il modello stesso si dice 'ridotto in scala'. Nella terza fase, la 'proiezione', il modello geometrico, finalmente in scala, viene sottoposto alle operazioni di proiezione e sezione che producono, sulla carta o sullo schermo del computer, una vista del modello stesso, permettendo così al progettista di valutarne le qualità formali e di operare su di esso.

Caratteristica essenziale del modello, grafico, digitale o plastico che sia, è quella di consentire la ricostruzione, nello spazio, del mo-



Fig. 1, 2 | Three-dimensional models (credits: R. Migliari, 2003).



**Fig. 3** | Zaha Hadid, 'The Great Utopia', 1992 (credit: Guggenheim Museum, New York).

dello geometrico dell'oggetto rappresentato. Di conseguenza, l'intero processo può essere percorso in due sensi: dalla realtà al disegno e dal disegno alla realtà. Nel primo caso il processo è asservito al rilievo, nel secondo caso al progetto.

Una pianta e un prospetto, un plastico, una simulazione informatica, sono tutti modelli di architettura che hanno in comune, in primo luogo, la capacità di evocare la forma e le qualità dell'oggetto che rappresentano; in secondo luogo hanno in comune gli elementi che li compongono: linee, superfici, solidi; in terzo luogo consentono di intervenire sull'oggetto rappresentato con operazioni quali: la misura di grandezze lineari, di superficie o di volume, la generazione delle superfici e la loro composizione, il taglio, la compenetrazione, la deformazione dei solidi. Quest'ultimo aspetto coinvolge le capacità del progettista che, grazie alle forme che materializzano la sua idea, può controllare il progetto, verificarne la correttezza statica, funzionale ed estetica, apportare le modifiche che ritiene opportune fino al compimento dell'opera; in una parola può 'modellare' gli oggetti ideati. Perciò, anche se l'esito più evidente di un modello sono le immagini che è capace di evocare, la sua capacità più significativa è quella di generare la

forma e consentirne il pieno controllo (Fig. 2).

**Modello tridimensionale, virtuale, integrato** | Il modello 3D consente un controllo dello spazio che è difficilmente raggiungibile in modo altrettanto sintetico con le semplici operazioni proiettive; il suo uso garantisce l'ottimizzazione dell'attività progettuale, consentendo maggiori livelli di astrazione e, al tempo stesso, maggiori possibilità di controllo dell'architettura. Esso è, dunque, nella sua essenza, una rappresentazione in scala e, in quanto tale, sottende anzitutto un dispositivo teorico di grande complessità che concepisce la rappresentazione nella pienezza del suo rapporto di mediazione e di sintesi tra le 'parole' della teoria, in quanto sistema di proposizioni testuali, e le 'cosse' dell'architettura, in quanto concreta progettazione e definizione dei luoghi fisici dell'abitare.

Con l'introduzione, nel campo della rappresentazione, delle realtà virtuali, animate e percorribili, diventa realizzabile la costruzione di immagini connotate da un forte realismo, determinate dall'osservatore nel momento stesso della sua esplorazione. In questo caso la scala perde la sua pregnanza, poiché la realtà non è più quella riportata su un foglio o su uno schermo, ma ci avvolge ed è parte di noi. Tali immagini iper-reali, ma prive di consistenza materica, ren-

dono più labili i confini tra l'evocazione del reale e il reale autentico, e in esse i concetti di disegno, visione, progetto e la prefigurazione tangibile si fondono. Franco Purini ritiene che, tra le concezioni di virtualità disponibili per l'architettura, vi è appunto la realtà virtuale, ovvero una rappresentazione illusoria in grado di essere modificata interattivamente. A questa si affiancano nuove modalità di scrittura architettonica [...] ispirate ad uno sperimentalismo di matrice concettualistica [...] nelle quali è più importante ciò che è assente di quello che esiste realmente [...] configurazioni che fanno dei corpi architettonici scomparsi o mai costruiti, altrettante presenze» (Purini, 2012, pp. 152, 153).

Volendo separare il disegno di progetto dalle simulazioni tridimensionali animate, ovvero se si separa il sistema dei segni, atti a stabilire le caratteristiche formali e sostanziali dell'architettura, dall'insieme di procedure che simulano la sua percezione dinamica e interattiva, si può affermare che il disegno di progetto è, e resta, il luogo del documento e delle sue interpretazioni; con le tecniche della realtà virtuale si aprono nuovi modi attraverso i quali viene simulata una restituzione percettiva integrale. È possibile riconoscere, dunque, all'immagine virtuale la capacità, tramite la simulazione delle condizioni della visione naturale, di restituire movimento al disegno, conferendo alla realtà rappresentata una dimensione spazio-temporale multidimensionale (Fig. 3).

Le naturali vocazioni mimetiche del disegno quindi, ben si prestano a tali simulazioni rappresentative che ormai sembra siano diventate indispensabili alla società contemporanea, per la possibilità di prevedere gli esiti progettuali prima della realizzazione vera e propria dell'architettura, o per comprendere le stratificazioni storiche dei tessuti e delle architetture del passato, oggi compromesse o scomparse (Fatta, 2018; Figg. 4-7). Con la realtà virtuale, aumentata, immersiva e mista, tempo e movimento diventano le nuove dimensioni che animano il modello. Le immagini risultano, infatti, manipolabili proprio attraverso e grazie al loro movimento; permettono, inoltre, di pensare all'architettura in termini dinamici e tridimensionali, sottolineando il rapporto mutevole dell'uomo con lo spazio, in una società che ha quasi completamente soppiantato i momenti statici e contemplativi nel rapporto con l'ambiente. In una certa misura le animazioni al computer rappresentano, per il nostro tempo, la possibilità di comunicare l'architettura anche ai non addetti ai lavori, funzione che prima dell'era digitale era svolta dai modelli fisici.

**Il modello e le nuove dimensioni del disegno di progetto** | Da tempo vi è un nuovo modo di intendere la collaborazione coordinata nella 'centralità del progetto', per usare un'espressione spesso abusata o frantesa. Se l'innovazione è declinata con la consapevolezza di una tradizione costruttiva che vede nel progetto la pianificazione strategica degli interventi, al pari di una concertazione di figure collaboranti pur mantenendo l'autorialità e la responsabilità dei singoli, essa può essere un vantaggio a tutti i livelli, dalla progettazione del singolo edificio alle grandi opere. L'adozione di

processi di digitalizzazione integrata, l'interoperabilità degli strumenti e la multidisciplinarietà dei saperi sono attitudini che si rivelano strategiche a qualunque scala espressiva, dal singolo operatore alle collaborazioni con strutture più globalizzate (Figg. 8, 9).

Vi sono strumenti e procedure che ci aiutano a comprendere come il progetto rimanga un nucleo di interesse, non solo nella conformità di codici e norme, ma soprattutto nel significato più ampio dell'opera architettonica, come comune perseguitamento della qualità dell'abitare e dell'estetica formale. Si tratta di un approccio progettuale all'interno del quale il dominio digitale consente la prefigurazione del costruito, anche di notevole complessità, molto prima della sua effettiva realizzazione (Lo Turco and Bocconcino, 2017; Fig. 10).

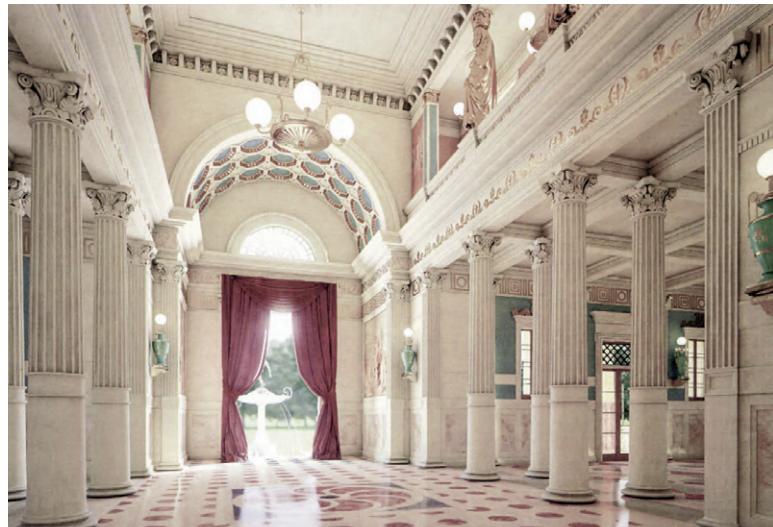
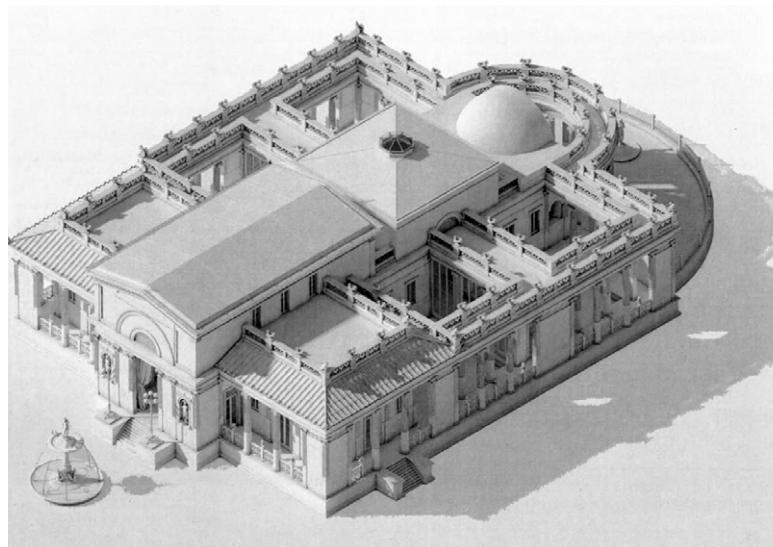
**La rappresentazione nell'era del BIM-oriented e la condivisione dei processi** | Negli anni Sessanta nasce come tecnologia strumentale il Building Information Model, per diffondersi solo quattro decenni dopo anche in Europa con l'acronimo BIM, dove M muta in Modeling. Il passaggio da Model a Modeling è di grande rilevanza dato che, per Modeling, s'intende «[...] use of shared digital representation [...] to facilitate design, construction and operation processes to form a reliable basis for

decisions»<sup>1</sup>; quindi per BIM non si tratta di un semplice possesso di alcune informazioni, ma dell'attività di condivisione delle informazioni stesse. La locuzione 'modeling approach' viene spesso utilizzata con accezioni diverse e anche in campi estranei all'architettura dato che, nella maggior parte dei casi, il termine 'modeling' viene inteso come processo di costruzione e utilizzazione del modello stesso. Nel nostro contesto, il disegno di progetto attraverso la costruzione di un modello deve intendersi come lo sviluppo di procedure comuni e concorrenti alla definizione del manufatto, nell'ottica dell'interpretazione delle esperienze personali e della valutazione delle informazioni provenienti dall'interazione con altre competenze; si innesta così il concetto di 'complessità del modello' che diventa multiscalare e multidimensionale.

Il BIM rivede il concetto di scala e di dimensione del prodotto poiché non si tratta di uno strumento, ma di un vero e proprio metodo di progettazione che utilizza un modello parametrico contenente tutte le informazioni che riguardano l'intero ciclo di vita di un'opera, dal progetto alla costruzione, fino alla sua demolizione e dismissione (Bolognesi, 2016). Con il BIM è possibile creare, più che una rappresentazione tridimensionale, un modello informativo dinamico, interdisciplinare, condiviso e in con-

tinua evoluzione che contiene dati su geometria, materiali, struttura portante, caratteristiche termiche e prestazioni energetiche, impianti, costi, sicurezza, manutenzione, ciclo di vita, demolizione, dismissione. Grazie alla metodologia BIM l'edificio viene costruito prima della sua realizzazione fisica mediante un modello virtuale, attraverso la collaborazione di tutti gli attori coinvolti nel progetto (Fig. 11).

La modellazione BIM, tanto per l'esistente quanto per le nuove costruzioni, individua in entrambi i casi sia gli asset della rappresentazione come questione centrale nella produzione del modello – tanto geometrico che documentale – sia la gestione del processo di progetto. Da tale impostazione emergono alcuni capisaldi strettamente connessi alla questione della modellazione e della sua multiscalarità: la simulazione digitale della costruzione, l'interoperabilità, la necessaria coerenza dei modelli 3D e la costruzione digitale del manufatto. Ne deriva un ampliamento degli approcci più tradizionali della rappresentazione – dallo schizzo all'esecutivo – in direzione degli strumenti simulativi della costruzione del progetto che assumono un ruolo catalizzatore nella condivisione dell'intero processo condotto da diversi specialisti. Pur restando centrale la questione della modellazione fondata innanzi tutto su un modello geometrico, il 'modeling' implica un si-



**Figg. 4-7** | Digital model of the Gran Caffè project (1890) by Giuseppe Damiani Almeyda: axonometric view; perspective views of the 'Grande Sala di Compagnia'; immersive view (credits: F. Avella, 2016).



**Fig. 8, 9** | Virtual City: atlas and 3D semantic models (credits: M. Unali, 2014).

stema di astrazione dei contenuti che, pur semplificando l'oggetto d'indagine ai suoi elementi essenziali, può utilizzare al contempo un modello virtuale atto a praticare operazioni simili a quelle di cantiere, dando l'opportunità al progettista di scomporre il corpo dell'architettura nelle sue componenti costitutive.

Esiste dunque un'analogia tra 'modellare' e 'costruire', tale da permettere di passare dalla scomposizione alla costruzione, ricomponendo gli elementi come avviene in cantiere: rispetto però a quanto siamo abituati a considerare normalmente, nel caso del BIM, la modellazione si apre a un lavoro di équipe in cui i singoli modelli, in riferimento agli apporti che vanno dalle strutture agli impianti, devono risultare coerenti e interoperabili su scale che mutano in continuazione, a seconda delle necessità.

Le discipline del disegno, oltretutto, sono molto interessate alle più recenti tematiche dell'HBIM, Historical o Heritage Building Information Modeling; un ambito nel quale, disegno, rilievo e progetto si misurano secondo scambi di informazioni e metodologie di analisi molto interessanti; risulta infatti molto efficace la ca-

pacità del modello di scomporre gli elementi in componenti che mantengono la relazione di appartenenza con l'oggetto superiore al quale appartengono (Attenni, Bianchini and Ippolito, 2019; Brusaporci et alii, 2019). Il BIM presenta infatti una natura sincretica nei confronti della gestione delle informazioni, poiché implica una 'tassonomizzazione' necessaria all'elaborazione della struttura fondamentale, che demanda ai singoli software la relazionabilità tra elementi del modello e l'organizzazione delle informazioni (Salerno, 2017). «L'HBIM non funziona solo come supporto generale al progetto e all'intervento di conservazione o restauro, ma simula anche i possibili comportamenti della fabbrica nel tempo a partire da quelli strutturali, ne analizza i costi esecutivi e manutentivi, consentendo valutazioni fondate, e di conseguenza, scelte più opportune e meno arbitrarie» (Sacchi, 2016, p. 1.3; Fig. 12).

Allo stato attuale il BIM consente, almeno nella fase iniziale, di coniugare vecchie e nuove competenze, sfruttando la potenzialità cooperativa di elaborazione progettuale a distanza da parte di équipe specializzate in settori diffe-

renti. Il BIM al momento costituisce un vero e proprio campo di sperimentazione in cui le competenze dell'area della Rappresentazione dovranno sempre più essere in grado di interagire con altri saperi specialistici; dalla rappresentazione alla simulazione degli oggetti e dei processi, il modello comunque continuerà a essere il centro d'interesse, dalla digitalizzazione del processo edilizio, a scenario di scambio tra discipline differenti, dove l'informazione fluisce attraverso il medium digitale della rappresentazione (Bolognesi, 2018; Fig. 13).

In quanto piattaforma grafica a molte dimensioni, il BIM è dunque per sua natura rilevante per i diversi ambiti disciplinari, dalla rappresentazione e gestione dati, alla composizione, alla tecnologia, all'estimo. In tal senso, le diverse dimensioni dello spazio digitale, di volta in volta richiamate dal progetto, possono anche trovare ulteriori estensioni, intese come dimensioni del pensiero, della conoscenza, della prassi professionale e della formazione. Leggere le relazioni scalari vuol dire avere la capacità di cogliere le relazioni tra elementi e sistemi diversi, il cui rapporto giocato sulla dialettica se-

parazione/integrazione, definisce i caratteri di un territorio, la sua riconoscibilità, il suo grado di efficienza (Russo, 2015; Fig. 14).

**Per chiudere il cerchio** | Come detto in premessa, vorrei riprendere in conclusione il pensiero di Morin sulla complessità, il ‘complexus’, ossia, la trama della complessità, il ‘tessuto’ che s’intesse con fili differenti e diventa ‘uno’. Tutte le varie complessità si intrecciano, dunque, e si tessono insieme, per formare l’unità della complessità (Morin, 1995). «La conoscenza è [...] proprio un fenomeno multidimensionale, nel senso che essa è, inseparabilmente, fisica, biologica, cerebrale, mentale, psicologica, culturale, sociale. [...] La conoscenza non è insulare, ma peninsulare e, per conoscerla, è necessario collegarla al continente di cui fa parte. L’atto di conoscenza è a un tempo biologico, cerebrale, spirituale, logico, linguistico, culturale, sociale, storico e la conoscenza quindi non può esser dissociata dalla vita umana e dalla relazione sociale» (Morin, 1989, pp. 15, 16).

In questa dimensione, allora, la riforma del pensiero va nella direzione di educare un pensiero che sia in grado di «[...] pensare senza mai chiudere i concetti, di spezzare le sfere chiuse, di ristabilire le articolazioni fra ciò che è disgiunto, di sforzarsi di comprendere la multidimensionalità, di pensare con la singolarità, con la località, la temporalità, di non dimenticare mai le totalità integratrici» (Morin, 1995, p. 35). Pertanto, dal Mega al Nano, per riprendere il titolo dell’invito ricevuto per questo contributo, la complessità del progetto multiscale è frutto di un pensiero articolato, aperto, multidimensionale, costruttivo, problematico, non concluso, in grado di fare i conti con l’incertezza e la pluralità dell’esperienza; un modello creativo, multidirezionale, antidogmatico.

---

It has been said that multiscalearity is the distinctive characteristic of environmental sustainability, as it represents an interpretative category that is increasingly essential for dealing with the complexity of the inhabited space, increasingly pervaded by complex themes and approaches. The physical, material and measurable components of the architecture are combined with the immaterial, invisible dimension of the subjects that are the active protagonists of the space; the representation is the result of a process in which it is essential to define a point of mediation between the multiple instances that, precisely in the name of this complexity, are not suited to be treated in a form segmented by separate rationalities and sectorial action. Scale and measure are fundamental criteria for interpreting and representing, discretizing and recomposing pieces, parts and elements linked to each other in a hierarchical or interconnected relationship, for investigating their tangible and intangible context, for outlining their criticality and potential.

This naturally gives rise to the entire asset of a project, where various disciplines, or spheres of knowledge, integrate to generate models that make it possible to simulate its construc-

tion and predict its impact. This practice belongs to all eras, from the construction of archetypes to the use of graphic tools and also, for about forty years now, to information technology. The construction of a scientific model guarantees correctness and demonstrability of the process in logical-communicative terms, and the images produced are defined ‘architectural-design’ because they are derived from processes of knowledge, from the modeling of spatial phenomena; for this reason, architectural drawing cannot be just ‘representative drawing’, but, rather, ‘constructive drawing’.

Concerning the theory of complex thought,

there is an interesting synthesis given by Edgar Morin in which the old scientific paradigms are not excluded but reabsorbed by the deeper reading of the complexities that the existing systems imply. According to Morin, complex thinking aspires to multidimensional knowledge but is aware from the outset of the impossibility of complete knowledge; therefore, complex thinking is animated by a permanent tension between the aspiration to a knowledge that is not fragmented, not compartmentalized, not redactor, and the recognition of the unfinished nature and incompleteness of any knowledge (Morin, 1993). Thus, drawing interpreted as a model is highly applicable for explaining



**Fig. 10** | Frank O. Gehry, an interior of the ‘Guggenheim Museum’, Bilbao (credit: R. Migliari, 2003).



**Fig. 11** | The three-dimensional model as a generator of information about the project (credit: L. Sacchi, 2018).

how various forms of representation, alternating and interacting in the design process, can define the shape of an object or of a space and its many dimensions.

**Construction of the model** | I would, therefore, like to start from the idea of the model in order to delineate – in a circular form of thought – how digital technology opens to complex thoughts referring to dynamic and informational systems, space-time systems constantly exchanging information among the elements that comprise them, and between the latter and the environment, mutating and fluctuating in an evolutionary manner (Gausa, 2019). But in going back to an ancient, or perhaps eternal, thought about the need for knowledge that underlies the scientific need, I would like to deal with the digital models that inhabit the fluid space of the virtual world where the connection with space and time may appear relative (Unali, 2014). For digital, the computer screen is like a window opening onto the model's virtual space that allows us to observe and interact with it, while moving and modifying it (Fig. 1).

A 3D model, being built digitally on a 1:1 scale, can be used in a scalar manner because the visualization system makes it possible to get infinitely close to the objects. The qualitative characteristics remain, however, linked to the nature, quality and exhaustiveness of the themes identified and correctly reproduced by the model itself. The more accurately the model is constructed, the better it will represent the reality under investigation, the general quality of the product, the exactitude and accuracy through which the elements representing the peculiar characteristics that comprehensively fix its significance are modeled. This significance is to be understood as a sort of scale, or rather, as 'the optimal range of representation'. The construction of the digital model is not an automatic process, it originates in the designer's thoughts and is controlled by his

ability to shape the three-dimensional forms of the architecture and to compose them together. The realization is divided into three distinct and successive phases: synthesis, reduction and projection (Migliari, 2003).

In the first phase, 'synthesis', the object whose model is to be built is extracted from the reality to which it belongs and an ideal copy is substituted in its place: the 'geometric model', as large as the real one. This copy is made up of pure geometric shapes, suitably composed, which approximate the more complex and irregular shape of the real object. In the second phase, 'reduction', the geometrical model is simplified and reduced so that its dimensions are commensurate with those of the sheet of paper that will have to accommodate its printing or with the computer's memory capacity. This reduction is done by dividing the real, full-size dimensions of the geometric model by a constant factor, 'k'. The ratio  $1/k$  is called the 'model scale' and the model itself is said to be 'reduced in scale'. In the third phase, 'projection', the geometric model, finally in scale, is subjected to operations of projection and cross-sectioning that produce, on paper or a computer screen, a view of the model itself, thus allowing the designer to evaluate its formal qualities and to work on it.

An essential characteristic of the model, whether graphic, digital or physical scale model, is that of allowing the reconstruction, in space, of a geometric model of the object represented. As a result, the entire process can be carried out in two directions: from reality to drawing or from drawing to reality. In the first case, the process used in surveys, in the second case, projects.

A plan and an elevation, a scale model, a computer simulation, are all architectural models that have in common, first of all, the ability to evoke the shape and qualities of the object they represent; secondly, they have in common the elements they are composed of: lines, surfaces, solids; thirdly, they make it possible

to intervene on the represented object with operations such as the measurement of linear dimensions, of areas or volumes, the generation of surfaces and their composition, the cutting, interpenetration and deformation of solids. This last aspect involves the ability of the designer who, thanks to the shapes that materialize his idea, can control the project, verify its static, functional and aesthetic correctness, make the modifications he deems appropriate, up to the completion of the work; in a word, he can 'model' the objects created. Therefore, even if the most evident outcome of a model is the images it can evoke, its most significant capacity is that of generating shape and allowing full control over it (Fig. 2).

**Three-dimensional, virtual, integrated model** | The 3D model allows control of space that is difficult to achieve in a similarly synthetic manner with simple projective operations; its use guarantees the optimization of the design activity, allowing greater levels of abstraction and, at the same time, greater possibilities of controlling the architecture. It is, therefore, in its essence, a scale representation and, as such, first of all, it underpins a theoretical device of great complexity that considers representation in the fullness of its relationship of mediation and synthesis between the 'words' of theory, as a system of textual propositions, and the 'things' of architecture, as the concrete design and definition of the physical places of living.

With the introduction, in the field of representation, of virtual realities, animated and passable, the construction of images characterized by a strong realism, determined by the observer at the very moment of his exploration, becomes feasible. In this case, scale loses its significance, because reality is no longer that presented on a sheet of paper or a screen, rather, it envelops us and is part of us. Such images, hyper-real but devoid of material consistency, make the boundaries between the evocation of reality and authentic reality more indistinct and, in these, the concepts of drawing, vision, design and tangible prefiguration merge. Franco Purini believes that, among the conceptions of virtuality available to architecture, there is virtual reality, that is, an illusory representation able to accept being modified interactively. This is accompanied by new forms of architectural writing inspired by experimentalism with a conceptualistic matrix in which what is absent is more important than what actually exists configurations that make lost or never-built 'architectural bodies' a similar number of 'presences' (Purini, 2012).

If project drawing is separated from animated three-dimensional simulations, that is, if the system of signs capable of establishing the formal and substantial characteristics of architecture is separated from the set of procedures that simulate its dynamic and interactive perception, it can be said that project drawing is, and remains, the place of the document and its interpretations; with the techniques of virtual reality, new paths are opened through which integral perceptual restitution is simulated. It is possible to recognize, therefore, the

virtual image's capacity, through the simulation of the conditions of natural vision, to restore movement to the drawing, giving the represented reality a multidimensional space-time dimension (Fig. 3).

Therefore, the natural mimetic vocations of drawing lend themselves well to similar representative simulations, which now seem to have become indispensable to contemporary society, for the possibility of predicting project outcomes before the actual realization of a building, or to understand the historical stratifications of fabrics and architecture of the past, now compromised or no longer extant (Fatta, 2018; Figg. 4-7). With virtual, augmented, immersive and mixed reality, time and movement become the new dimensions that animate the model. The images are, in fact, manipulable through and thanks to their movement; they also allow us to think of architecture in dynamic and three-dimensional terms, underlining the changing relationship between man and space, in a society that has almost completely supplanted static and contemplative moments in its relationship with the environment. To a certain extent, computer animations represent, for our time, the possibility of communicating architecture even to non-experts, a function that before the digital age was performed by physical models.

**The model and the new dimensions of project drawing** | For some time there has been a new way of understanding coordinated collaboration in the 'centrality of the project', to use an expression that is often abused or misunderstood. If innovation is expressed with the awareness of a building tradition that sees in the project the strategic planning of interventions, as well as the concerted action of various parties working together while maintaining the authorship and responsibility of the single individuals, it can be an advantage at all levels, from the design of a single building to major works. The adoption of integrated digitalization processes, the interoperability of tools and the multidisciplinarity of knowledge are approaches that prove to be strategic at any expressive scale, from the single operator to collaborations with more globalized structures (Figg. 8, 9).

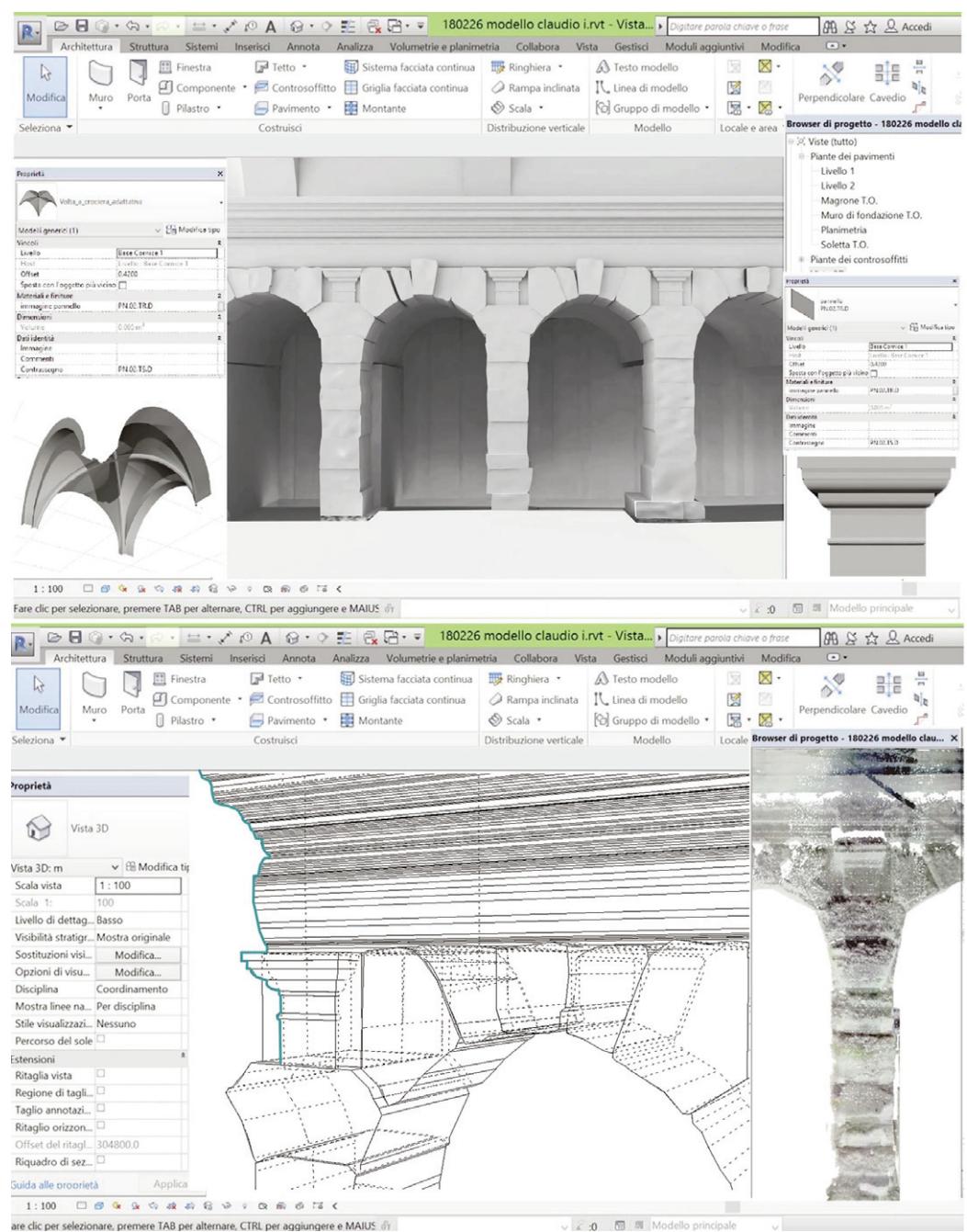
Some tools and procedures help us to understand how the project remains a nucleus of interest, not only in the conformity of codes and standards but above all in the broader meaning of work of architecture, as a common pursuit of the quality of life and formal aesthetics. This is a design approach within which the digital domain allows the prefiguring of a built object, even of considerable complexity, long before its actual realization (Lo Turco and Bocconcino, 2017; Fig. 10).

**Representation in the BIM-oriented era and the sharing of processes** | In the 1960s, the Building Information Model began as an instrumental technology, to spread, only four decades later, throughout Europe with the acronym BIM, where the meaning of M was changed to indicate Modeling. The transition from Model to Modeling is of great importance since Modeling is meant as the <...> use of shared digital

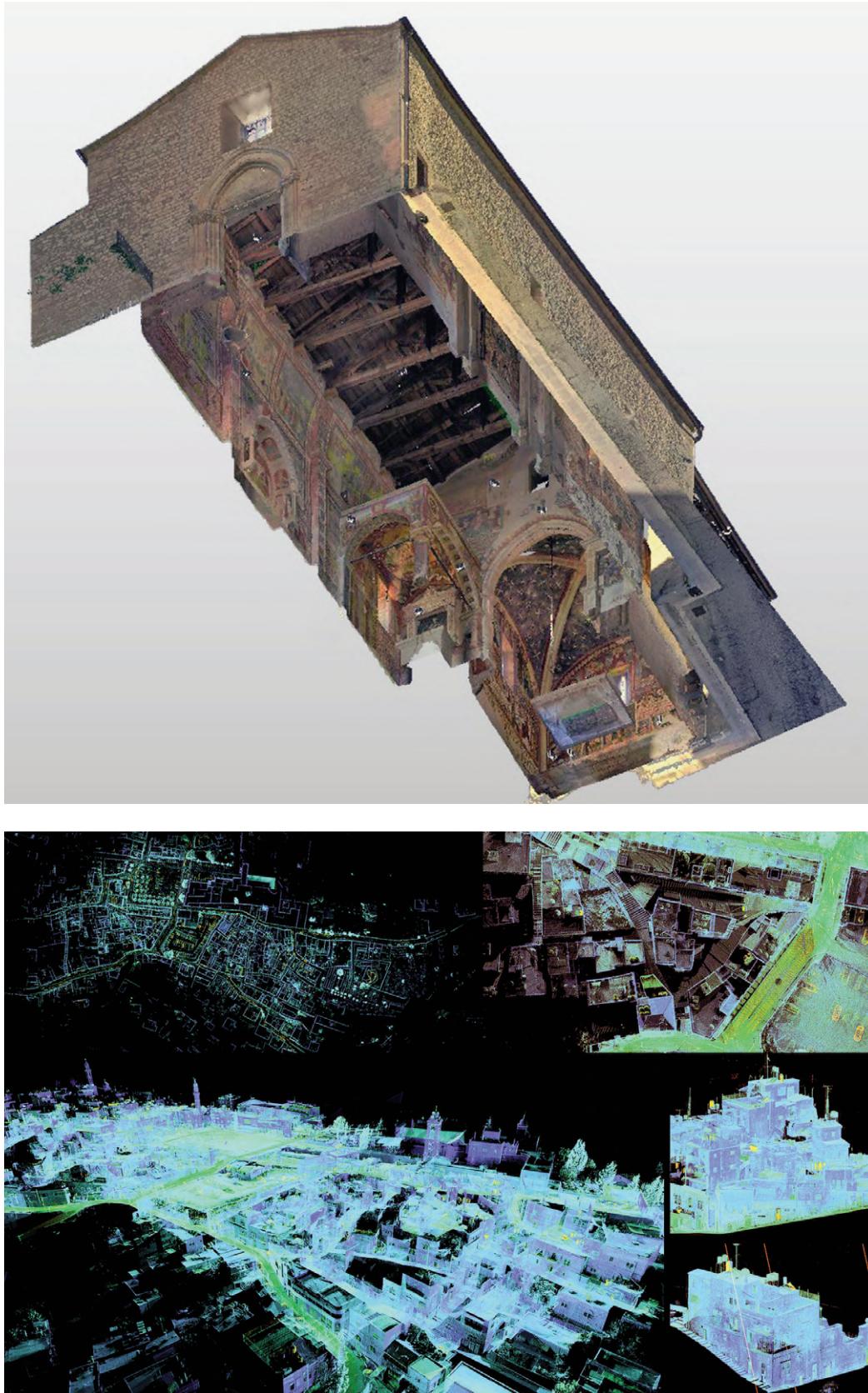
representation [...] to facilitate design, construction and operation processes to form a reliable basis for decisions»<sup>1</sup>; therefore, for BIM, it is not a matter of the simple possession of pieces of information, but the activity of sharing the information itself. The term 'modeling approach' is often used with different meanings and also in non-architectural fields since, in most cases, the term 'modeling' is understood as a process of construction and the use of the model itself. In our context, project drawing through the construction of a model must be understood as the development of common procedures contributing to the definition of an artefact, from the point of view of the interpretation of personal experiences and the evaluation of the information coming from the interaction with other skills; in this way, the concept of 'model complexity' is

introduced and becomes multiscalar and multidimensional.

BIM revises the concept of scale and dimension of the product because it is not a tool, but a real design method that uses a parametric model containing all the information concerning the entire life cycle of work, from design to construction, up to its demolition and disposal (Bolognesi, 2016). With BIM it is possible to create, more than a three-dimensional representation, a dynamic, interdisciplinary, shared and constantly evolving information model that contains data on geometry, materials, load-bearing structure, thermal characteristics and energy performance, plants, costs, safety, maintenance, life cycle, demolition, decommissioning. Thanks to the BIM methodology, the building is built before its physical realization through a virtual model,



**Fig. 12** | The Botany Institute and the Temple of Divine Claudio: comparison between the numerical model and the parametric model and representation of LOR through the use of different colours (credits: M. Attenni, C. Bianchini and A. Ippolito, 2019).



**Fig. 13** | HBIM model: axonometric view of the covering with wooden truss, purlins and rafters and of the external walls (credit: S. Brusaporci, M. Centofanti, P. Maiezza, A. Tata and A. Ruggieri, 2019).

**Fig. 14** | 3D Bethlehem: Survey output with Terrestrial Laser Scanner, developed through strategies for acquiring and recording spatial data for reliable and detailed management of urban surfaces (credit: S. Parrinello, F. Picchio, R. De Marco, E. Doria and P. Barazzoni).

through the collaboration of all the actors involved in the project (Fig. 11).

BIM modeling, both for existing and new constructions, identifies in both cases the assets of the representation as a central issue in

the production of the model – geometric as well as documental – and the management of the project process. From this approach, several cornerstones emerge that are closely related to the matter of modeling and its multi-

scalarity: the digital simulation of the construction, the interoperability, the necessary consistency of 3D models and the digital construction of the artefact. The result is a widening of the more traditional approaches of representation – from sketches to executive drawings – in the direction of construction simulation tools that assume a catalytic role in the sharing of the entire process conducted by different specialists. While the question of modeling based primarily on a geometric model remains central, ‘modeling’ implies a system of abstraction of contents which, while simplifying the object under investigation to its essential elements, can at the same time use a virtual model capable of performing operations similar to those of a construction site, allowing the designer to break down the building into its constituent components.

There is, therefore, an analogy between ‘modeling’ and ‘building’, such that it is possible to move from decomposition to construction, recomposing the elements, as is the case on a construction site: however, compared to what we are normally used to thinking, in the case of BIM, modeling opens to teamwork in which the individual models, with reference to the contributions going from structures to systems, must be coherent and interoperable on scales that change continuously according to needs.

The disciplines of drawing, moreover, are greatly involved in the most recent thematics of HBIM, that is, Historical or Heritage Building Information Modeling; a field in which drawing, survey and design are measured according to very interesting information sharing and analysis methodologies; in fact, the ability of the model to break down the elements into components that maintain the relationship of belonging with the relative superior object is very effective (Attendi, Bianchini and Ippolito, 2019; Brusaporci et alii, 2019). In fact, BIM presents a syncretic nature with respect to the management of information, since it implies a ‘taxonomization’ necessary for the elaboration of the fundamental structure, which leaves to the single software the ‘relationability’ between the elements of the model and the organization of the information (Salerno, 2017). According to Livio Sacchi (2016), HBIM does not only function as general support to projects and interventions of conservation or restoration, but also simulates the possible behaviours of a building over time; starting from structural behaviour, it analyses the realization and maintenance costs, allowing well-founded evaluations and, consequently, more appropriate and less arbitrary choices (Fig. 12).

At present, BIM allows, at least in the initial phase, the combination of old and new skills, exploiting the cooperative potential of remote project development by teams specialized in different sectors. BIM at the moment constitutes a real area of experimentation in which the competencies of the area of Representation will have to be more and more capable of interacting with other specialized knowledge; from representation to the simulation of objects and processes, however, the model will continue to be the center of interest, from the digitalization of the construction process to a

scenario of exchange between different disciplines, where information flows through the digital medium of representation (Bolognesi, 2018; Fig. 13).

Therefore, as a multidimensional graphic platform, BIM is, by its very nature, important for the different disciplinary fields, from representation and data management to composition, technology and estimation. In this sense, the different dimensions of digital space, recalled from time to time in the project, can also find further extensions, understood as dimensions of thought, knowledge, professional practice and training. Reading the scalar relationships means having the ability to grasp the relationships between different elements and systems, whose relationship, played on the dialectic separation/integration, defines the characteristics of a territory, its recognizability, its degree of efficiency (Russo, 2015; Fig. 14).

**To close the circle** | As mentioned in the introduction, in conclusion, I would like to go back to Morin's thought on complexity, the

'complexus', that is, the weave of complexity, the 'fabric' that is woven with different threads and that becomes 'one'. All the various complexities intertwine, therefore, and weave together to form the unity of complexity (Morin, 1995). According to Morin (1989), knowledge is precisely a multidimensional phenomenon, in the sense that it is, inseparably, physical, biological, cerebral, mental, psychological, cultural and social. Knowledge is not insular, but peninsular and, in order to know it, it is necessary to connect it to the continent of which it is part. The act of knowledge is at the same time biological, cerebral, spiritual, logical, linguistic, cultural, social, historical, and therefore knowledge cannot be dissociated from human life and social relations.

In this dimension, therefore, the reform of thought goes in the direction of educating toward a way of thinking that makes it possible to think without ever closing a concept, to shatter closed spheres, to re-establish links between what is disjointed, to try to understand multidimensionality, to think with the sin-

gularity, the locality, the temporality, to not forget the integrating totalities (Morin, 1995). Therefore, from Mega to Nano, in a reference to the title of the invitation received for this contribution, the complexity of the multiscale project is the fruit of an articulated, open, multidimensional, constructive, problematic, incomplete thought, able to deal with the uncertainty and plurality of experience; a creative, multidirectional, anti-dogmatic model.

## Note

1) The definition of BIM is taken from ISO 29481-1:2016(en) – Building information models – Information delivery manual – Part 1: Methodology and format. [Online] Available at: [www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:29481:-1:ed-2:v1:en](http://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:29481:-1:ed-2:v1:en) [Accessed 2nd May 2020].

## References

- Attendi, M., Bianchini, C. and Ippolito, A. (2019), "HBIM ovvero un modello informativo per l'edificio storico | HBIM: an information model for historical building", in Belardi, P. (ed.), *Riflessioni. L'arte del disegno, il disegno dell'arte / Reflections. The art of drawing, the drawing of art – 41° Convegno Internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione*, Gangemi Editore, Roma, pp. 285-296. [Online] Available at: [www.torrossa.com/it/catalog/preview/4545658](http://www.torrossa.com/it/catalog/preview/4545658) [Accessed 2nd May 2020].
- Bolognesi, C. (2018), "Il BIM come linguaggio di condivisione", in *BIMportale.com*, 09/05/2018. [Online] Available at: [www.bimportale.com/bim-people-cecilia-bolognesi-il-bim-come-linguaggio-di-condizione/](http://www.bimportale.com/bim-people-cecilia-bolognesi-il-bim-come-linguaggio-di-condizione/) [Accessed 2nd May 2020].
- Bolognesi, C. (2016), "La rappresentazione nell'era BIM oriented", in *Ingenio-web.it*, 25/01/2016. [Online] Available at: [www.ingenio-web.it/5259-la-rappresentazione-nella-her-bim-oriented](http://www.ingenio-web.it/5259-la-rappresentazione-nella-her-bim-oriented) [Accessed 2nd May 2020].
- Brusaporci, S., Centofanti, M., Maiezzi, P., Tata, A. and Ruggieri, A. (2019), "Per una riflessione teorico-metodologica sulla procedura HBIM di modellazione informativa dei beni architettonici | For a theoretical-methodological consideration on the HBIM procedure for the informative modelling of the architectural heritage", in Belardi, P. (ed.), *Riflessioni. L'arte del disegno, il disegno dell'arte / Reflections. The art of drawing, the drawing of art – 41° Convegno Internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione*, Gangemi Editore, Roma, pp. 449-456. [Online] Available at: [www.torrossa.com/it/catalog/preview/4545658](http://www.torrossa.com/it/catalog/preview/4545658) [Accessed 2nd May 2020].
- Fatta, F. (2018), "Paesaggi antichi e paesaggi archeologici dal Grand Tour al mondo virtuale", in Bianconi, F. and Filippucci, M. (eds), *Il Prossimo Paesaggio – Realità, rappresentazione, progetto*, Gangemi Editore, Roma, pp. 63-70.
- Gausa, M. (2019), "Mappare (in) il nuovo tempo. Nuove rappresentazioni analitico-sintetiche per la nuova n-città e i suoi multi-territori | Mapping (in) the New Time. New Analytical-Synthetic Representations for the New n-City and its Multi-Territories", in *Disérgo*, vol. 5, pp. 143-156. [Online] Available at: [doi.org/10.26375/disergo.5.2019.15](https://doi.org/10.26375/disergo.5.2019.15) [Accessed 2nd May 2020].
- Lo Turco, M. and Bocconcino, M. M. (2017), "Esattezza, molteplicità e integrazione nell'Information Modelling & Management | Exactitude, multiplicity and integration in Information Modelling & Management", in *Techne / Journal of Technology for Architecture and Environment*, vol. 13, pp. 267-277. [Online] Available at: [doi.org/10.13128/Techne-19730](https://doi.org/10.13128/Techne-19730) [Accessed 30 April 2020].
- Migliari, R. (2003), *Geometria dei Modelli – Rappresentazione grafica e informatica per l'architettura e per il design*, Kappa, Roma. [Online] Available at: [scholar.google.it/scholar?q=Migliari,+R.,+2003&hl=it&as\\_sdt=0&as\\_vis=1&oi=scholart](https://scholar.google.it/scholar?q=Migliari,+R.,+2003&hl=it&as_sdt=0&as_vis=1&oi=scholart) [Accessed 2nd May 2020].
- Morin, E. (1995), *Il metodo – Ordine, disordine, organizzazione*, Feltrinelli, Milano.
- Morin, E. (1993), *Introduzione al pensiero complesso – Gli strumenti per affrontare la sfida della complessità*, Sperling & Kupfer, Milano.
- Morin, E. (1989), *La conoscenza della conoscenza*, Feltrinelli, Milano.
- Purini, F. (2012), "Il disegno tra letteratura, scienza e arte | Drawing in literature, science and art", in Carlevaris, L. and Filippa, M. (eds), *Elogio della teoria. Identità delle discipline del disegno e del rilievo / In Praise of theory. The fundamentals of the disciplines of representation and survey – Atti del 34° Convegno Internazionale dei Docenti della Rappresentazione*, Gangemi Editore, Roma, pp. 147-156.
- Russo, M. (2015), "Multiscalarità – Dimensioni e spazi della contemporaneità", in *Archivio di Studi Urbani e Regionali*, n. 113, pp. 5-22. [Online] Available at: [www.francoangeli.it/Area\\_RivistePDF/getArticolo.ashx?idArticolo=54705](http://www.francoangeli.it/Area_RivistePDF/getArticolo.ashx?idArticolo=54705) [Accessed 2nd May 2020].
- Sacchi, L. (2016), "Il punto sul B.I.M.", in *Disegnarecon*, vol. 9, n. 16, pp. 1-1-8. [Online] Available at: [disegnarecon.univpaq.it/ojs/index.php/disegnarecon/article/view/140/108](http://disegnarecon.univpaq.it/ojs/index.php/disegnarecon/article/view/140/108) [Accessed 29 May 2020].

## FENOMENI MACRO VS RISPOSTE MICRO

Approcci multiscalari nei rapporti dinamici tra involucro e contesto

## MACRO PHENOMENA VS MICRO RESPONSES

Multiscale approaches in the dynamic relationship between envelope and context

Maria Teresa Lucarelli, Martino Milardi, Mariateresa Mandaglio,  
Caterina Claudia Musarella

### ABSTRACT

L'attuale scenario, attraversato da flussi contrastanti dove emergenze e trend di sviluppo spesso convivono e aumentano divari, mette in luce la necessità di 'spostarsi' dalla fase di transizione a quella di cambiamento. Da molti versanti si evidenzia come questa necessità stia determinando un'accelerazione verso una trasformazione che abbia caratteri di concreto Rinascimento. Un esempio è l'impiego della 'visione multiscalar' nella ricerca come criterio utile alla comprensione di fenomeni, sia materiali che immateriali. Il contributo affronta le relazioni che intercorrono tra gli edifici e i loro contesti, assumendo alla scala macro le sollecitazioni che i fenomeni, quali quelli climatici, 'impongono' agli involucri e alla scala del micro le nuove risposte qualitative prestazionali dei sistemi di involucro – innovati e no – che oggi connotano il panorama dell'architettura contemporanea.

The current scenario, crossed by contrasting flows where emergencies and development trends often coexist and increase gaps, highlights the need to 'move' from the change phase to the phase of change. On many fronts, it is evident that this need is determining an acceleration towards a transformation that has concrete Renaissance characteristics. An example is the use of the 'multiscalar vision' in research as a useful criterion for understanding phenomena, both material and immaterial. The contribution addresses the relationships between buildings and their contexts, assuming at the macro scale the stresses that phenomena, such as climate, 'impose' on the envelopes and, at the micro scale, the new qualitative and performance responses of envelope systems – innovative and not – that today characterize the panorama of contemporary architecture.

### KEYWORDS

multiscalarità, macro-micro, involucri dinamici, adattività, cambiamenti climatici

multiscalarity, macro-micro, dynamic envelopes, adaptivity, climate change

**Maria Teresa Lucarelli** is a Full Professor of Building Technology at the Department of Architecture and Territory, 'Mediterranean' University of Reggio Calabria (Italy). She carries out research activities mainly in the field of energy-environmental quality both on a building and urban scale. She is currently President of the Italian Society of Architecture Technology – SITdA. E-mail: mtlucarelli@unirc.it

**Martino Milardi** is an Associate Professor of Building Technology at the Department of Architecture and Territory, 'Mediterranean' University of Reggio Calabria (Italy). He carries out research activities mainly in the field of Low Environmental Impact Technologies, investigating the modes of Innovation and Design for the control of building-context relations. E-mail: mmilardi@unirc.it

**Mariateresa Mandaglio**, Architect and PhD at the Department of Architecture and Territory, 'Mediterranean' University of Reggio Calabria (Italy), is a Member of TCLab Research Group and carries out research activities mainly in the field of material innovation and building envelope. E-mail: mariateresa.mandaglio@unirc.it

**Caterina Claudia Musarella**, Architect and PhD at the Department of Architecture and Territory, 'Mediterranean' University of Reggio Calabria (Italy), is a Member of TCLab Research Group and carries out research activities mainly in the field of energy efficiency of buildings. E-mail: caterina.musarella@unirc.it

L'attuale congiuntura che investe lo scenario di questo tempo, attraversato da flussi contrastanti dove emergenze e trend di sviluppo spesso convivono, aumentando i divari e dove i modelli di produzione e consumo dimostrano l'inadeguatezza strutturale e la modesta capacità di revisionarne i propri fondamenti, mette in luce la pressante necessità di 'spostarsi' da una fase considerata di transizione a una di cambiamento. Da molti versanti del dibattito culturale contemporaneo si evidenzia, infatti, come questa necessità stia finalmente determinando un'accelerazione verso una trasformazione che, si spera, abbia reali motivazioni e caratteri di concreto Rinascimento. Questo, inevitabilmente attraversa e coinvolge in modo pregnante e 'interdipendente' il campo dell'Architettura, quindi dei processi da questa sottesi, definendo l'innesto di passi innovati e nuove risposte sia nel campo delle strumentazioni concettuali che in quelle della prassi operativa. Un campo chiamato a partecipare alle azioni di cambiamento, iniziando dagli apparati cognitivi.

In questo senso un esempio è fornito dagli ambiti della ricerca che impiegano la 'visione multiscalarare' come utile criterio per la comprensione dei fenomeni, siano essi materiali che immateriali, dai flussi socio-politici, economico-urbanistici, a quelli tecnologico-artificiali (Fig. 1). Appare, quindi, chiaro come il termine 'multiscalarità' si sia man mano trasformato da 'concetto', enunciato in ambiti diversi, ad 'approccio' che reca in sé modalità e criteri che stanno sempre più influenzando la sfera dell'agire umano.

Un altro termine che si vuole utilizzare per la trattazione riguarda la locuzione 'versus'; termine che mai come oggi potrebbe forse diventare uno strumento concettuale per lo sviluppo di costrutti metodologici, capaci di meglio prestarsi ad affiancare gli sforzi che affrontano la complessità dello scenario attuale. Scenario che, come detto, se non proprio preoccupante si potrebbe comunque definire altamente 'dinamico', e per molti versi imprevedibile. Lasciando opportunamente agli appropriati campi epistemologici i significati puri del termine 'versus', in questa argomentazione si ritiene che esso possa scalarsi al sistema dei fenomeni che attengono l'involucro edilizio o, altrimenti detto, facciata continua e frontiera. In particolare, si ritiene che il ventaglio di caratteristiche, oggi sempre più ricco dei sistemi di frontiera esterna possa essere riletto attraverso il termine 'versus', in maniera congrua e appropriata.

In questo è fin troppo noto quanto l'involucro sia il 'luogo' dell'edificio dove si concretizzano risposte che a volte 'avversano' i fenomeni; altre invece li 'accolgono' andando quindi 'verso' prestazioni di tipo 'positivo' o, per dirla secondo le ultime traiettorie, 'produttivo'. Per rendere conto di ciò, basterebbe rifarsi al linguaggio canonico della bioclimatica dove i termini di 'intercettazione' (della sollecitazione negativa) e 'captazione' (della sollecitazione positiva) vengono svolti dallo stesso elemento, e nelle direzioni differenti a seconda di stagioni o esposizioni, assimilando la frontiera d'involucro a un 'Giano' ... tecnologico (Fig. 2). In ragione di ciò, il contributo si focalizzerà sulle relazioni che intercorrono tra gli edifici e i loro con-

testi, assumendo che la scala macro attiene alle sollecitazioni che i fenomeni, ad esempio climatici, 'impongono' agli involucri, mentre quella micro alle nuove risposte qualitative e prestazionali offerte dai sistemi di facciata – innovati e no – che oggi connotano il panorama dell'architettura contemporanea.

In ultima analisi, le sfide dichiarate da questo panorama sembrano indicare l'opportunità che ha oggi la 'particolare scala' della frontiera edilizia di ri-orientare il significato di 'versus', attraverso le sue nuove capacità di non opporsi ma di co-gestire la complessità fenomenica a cui è sottoposto. Appare allora utile impiegare l'approccio multiscalarare per esplicitare i rapporti dinamici, e per questo complessi, tra gli involucri e il contesto. 'Rapporti' che spesso non sono opposti-versus ma positivamente unidirezionali; quindi, se controllati dalla matrice tecnologica, si esprimono in forme di virtuose sinergie qualitative potendo così contribuire concretamente alla realizzazione dell'auspicabile Rinascimento, multiscalarare, dell'ambiente costruito e delle comunità insediate.

**I termini della discussione** | Come noto, le prassi di ricerca sin dai primi embrioni concettuali hanno posto le loro basi sulla formulazione di quadri terminologici, fondamentali per gli avanzamenti e sviluppi degli iter. Nei fatti, le 'esplicatio terminorum' hanno da sempre costituito il costante riferimento per i passi e le verifiche correttive. In questo senso, per il termine 'versus' appare chiara la sua radice terminologica dalla quale si vuole trarre lo spunto dell'argomentazione, ovvero 'opposizione/contrasto', ma se si prende in considerazione la derivazione latina della stessa parola il significato muta e si trasforma in: 'in direzione di', 'alla volta di', 'andare verso qualcosa di nuovo', ecc. Per questo si rende testimone di un paradosso che costituisce il suo notevole potere euristico: da un lato, il senso di sospensione; dall'altro, il senso di resistenza, nell'opposizione, nell'appoggiarsi del contro.

Vs condensa quindi la posizione fondatrice della semiotica, che afferma la 'relazione' come base del significato e considera la positività come un effetto risultante dall'esclusione del termine opposto (Deleuze, 2000). Come dichiarato in premessa, in questa sede si intende esplicitare invece l'attuale carattere degli involucri edilizi che non sono più concepiti come elementi che si oppongono a un flusso quanto, al contrario, accolgono controllando o, quanto meno, opponendosi in maniera 'intelligente' ai differenti 'versi' relazionali con il contesto.

In riferimento invece al termine di multiscalarità, questo richiede maggiore specificazione viste le sue implicazioni con i diversi assunti culturali che coinvolgono l'ambito architettonico, a iniziare dal legame con la sfera della residenza, in generale, e la scala dell'ambiente costruito, in particolare. Infatti, da un lato il concetto ha sollevato alcune posizioni critiche sui rischi che questo termine portava al vivace dibattito, ovvero l'esigenza di sviluppare nuove modalità di approccio al mutato rapporto tra ambiente naturale e ambiente costruito. Dall'altro, appare innegabile che per le discipline coinvolte nei processi di intervento sull'am-

biente, il concetto di multiscalarità sia diventato un formidabile strumento di riferimento (concettuale e operativo) per le strategie inerenti la trasformazione sostenibile dei territori.

Dal versante socio-economico, ad esempio, si registrano posizioni come quelle di Hassler e Kohler (2014). Essi affermano che la storia dei percorsi scientifici ha spesso illustrato come concetti e termini abbiano prodotto opacità che hanno reso molto difficile il raggiungimento degli obiettivi prefissati. Infatti, riferendo questo alle 'scale' della resilienza, lo scenario determina un effetto molto critico per la gestione, in generale, dell'ambiente costruito. Nel senso che la multiscalarità degli approcci, sia degli aspetti materiali che immateriali dei sistemi, potrebbe costituire un promettente 'ponte transdisciplinare' per la sua gestione resiliente ma questo sovraccarico semantico e scalare sembra appannarne le opportunità.

Dal versante delle discipline 'del progetto' è invece utile riferirsi a diverse e interessanti posizioni. In ambito urbanistico si sostiene che la multiscalarità debba essere interpretata come approccio strategico che guarda alla 'mediazione' scalare tra le diverse dimensioni del fenomeno urbano contemporaneo, superando confini e segmentazioni (Russo, 2015). La multiscalarità viene inoltre pensata come una possibile tecnica di progettazione urbana che, affiancandosi ai processi di programmazione e pianificazione territoriali «[...] deve considerare simultaneamente gli effetti che una trasformazione genera alle diverse scale [...]» (Bevilacqua, 2009).

Nella logica della multiscalarità si affiancano le posizioni espresse dal versante del progetto di Architettura che si confronta con i suoi caratteri quando affronta temi come la sostenibilità e/o il controllo digitale delle scelte. Si richiama proprio a cosa significhi ragionare «[...] in termini di multiscalarità spaziale e temporale, poiché il tema della sostenibilità investe diverse scale: quella del territorio, urbana, dell'edificio e del componente edilizio. Proprio per la sua multiscalarità questo approccio richiede pertanto diversi gradi di giudizio e di raccolta delle informazioni a supporto delle decisioni, rendendo difficile la definizione di un metodo univoco che guidi nelle scelte» (Cominelli, 2017). D'altronde, è anche condiviso che bisognerebbe affrontare la tematica frammentata dell'innovazione nel progetto con lo stesso atteggiamento, ricordando però che la multiscalarità «[...] non è solo pertinenza dello strumento o del processo, ma prerogativa del progetto, dominio del progettista contemporaneo [così come] l'adozione di processi multiscalarari, di digitalizzazione integrata, l'interoperabilità degli strumenti e la multidisciplinarità dei saperi sono attitudini che si rivelano strategiche per chi punta a collaborazioni con strutture più globalizzate» (Mazzarelli, 2016).

Alla scala dell'edificio e dei sistemi di involucro viene spesso messo in luce che, seppur i loro 'caratteri plurimi' sono ampiamente indagati da numerosi strumenti come ecoprofilo ed ecobilanci, la multiscalarità, viceversa, che legge i rapporti tra frontiera e contesto, non sempre si focalizza sulle opportunità di risposte adattive offerte dalla componentistica attinente la sfera del 'micro', quindi dai dinamismi vir-



Fig. 1 | Multiscalarity, New York (credit: M. Milardi).

tuosi da questa resa possibile (ARUP, 2015).

In considerazione di quanto detto, questa trattazione intende sostanziare i vantaggiosi effetti del funzionamento adattivo del ‘nuovo’ involucro edilizio sul costruito, in termini di risposta biunivoca agli stress. Tale risposta aumenta la capacità resiliente dei contesti e, al tempo, ‘copre’ un livello di relazione scalare ancora poco indagato nei processi di gestione, derivanti dalle esigenze di qualità ambientale. Da qui si desume l’importanza della sperimentazione finalizzata alla realizzazione di involucri adattivi nelle risposte ai fenomeni di sollecitazione, oggi sempre più presenti nell’ambiente urbano.

**Fenomeni Macro e scale di risposta** | In questi ultimi anni il tema dei cambiamenti climatici si è sviluppato e diffuso in maniera sempre più rilevante, portando con sé una maggiore consapevolezza delle ricadute che questo provoca in termini umani, ambientali, sociali ed economici. Allo stesso modo si evidenza come gli effetti provocati da tali cambiamenti si riverberino sulle costruzioni, configurandosi come ‘fenomeni macro che sollecitano l’intero sistema edificio’. Lo studio del clima e dei suoi effetti è un esempio emblematico della sfida intellettuale e operativa che oggi viene posta dai sistemi complessi e dai modelli matematici che costituiscono gli strumenti ideali per coglierne il comportamento. È ormai acclarato quanto gli edifici e l’ambiente urbano siano esposti a forti rischi causati dagli effetti del cambiamento climatico come, ad esempio, la maggiore frequenza di forti venti, l’aumento del calore delle superfici artificiali (Urban Heat Island e Heat Wave) e piogge che si concentrano in ‘bombe d’acqua’ (Pluvial Flooding), nonché inondazioni e incendi che spesso accompagnano questi fenomeni estremi di vasta portata e forza.

Tale sintetico quadro evidenzia come i fenomeni ‘macro’ legati ai noti cambiamenti, orienti-

no gli sforzi verso una concreta revisione degli approcci progettuali, alle varie scale, così da rendere più efficace la risposta dei sistemi urbani agli effetti dei cambiamenti climatici. In tal senso, si richiede sempre più lo sviluppo di strategie, metodi e tecnologie innovative per limitare gli impatti sul costruito, tenendo conto che è lo stesso costruito a innescare dinamiche di stress climatici da mitigare e, quando possibile, annullare nel loro insorgere (Lucarelli, 2018).

Tra le strategie individuate per far fronte a tali richieste è consolidata quella della mitigazione, ma dalle risultanze di numerose esperienze nel campo si è evidenziato come risulti necessario affiancare quella di adattamento, ad esempio, col ventaglio di opzioni adattive alla scala ‘micro’ costituita dagli involucri edilizi contemporanei. Questo richiede che la progettazione di facciate adattive soprattutto per aree ambientali critiche o sensibili, sia preceduta da analisi finalizzate alla comprensione delle dinamiche che influenzano la vulnerabilità degli edifici, alle verifiche di applicabilità delle soluzioni e congruenza ai contesti, nonché, di simulazioni e test per valutare l’adeguatezza delle risposte.

Va aggiunto che le attuali normative sull’insieme di requisiti da soddisfare, unite alle esigenze sulle aspettative di un ‘nuovo’ comfort da parte degli utenti, indirizzano le attività di ricerca verso lo studio di soluzioni innovative che agendo sull’involucro siano in grado di coniugare risposte efficaci alle sollecitazioni derivanti da fenomeni che spesso esprimono la loro forza in forme sinergiche, perciò più stressanti. In questo senso, al fine di orientare ‘progetto e sperimentazione’ verso la realizzazione di involucri dinamici e adattivi – su base micro – appare importante definire repertori di sistemi di controllo e tecnologie appropriate per la risposta, di tipo biunivoco (versus), alle relazioni edificio/contesto che influenzano in modo inter-

dipendente il microclima dello spazio urbano.

**Risposte Micro: il ruolo dell’involucro** | Dallo scenario fenomenologico sopra descritto, appare chiaro quanto gli effetti climatici estremi siano in questi ultimi anni passati da manifestazioni che coinvolgevano, in linea di massima, aree poco edificate a fenomeni che investono in forma intensiva gli ambienti densamente costruiti come le città, entrando spesso in sintonia con il microclima da queste innescato. Riferendo questo alla scala edilizia ed essendo ormai consolidato l’assunto di quanto le superfici esterne incidano sulle modalità di variazione climatico-ambientale del contesto urbano, le azioni di ricerca si stanno oggi orientando verso superfici di involucro con caratteristiche di adattabilità tali da rispondere in maniera efficiente al contesto dinamico e, allo stesso tempo, siano in grado di assorbire gli effetti da questo generati (Milardi, 2018).

Questo panorama, nei fatti, sembra spingere la progettazione degli edifici verso nuovi requisiti che non riguardano soltanto la sfera di quelli canonici ma anche altri, come la forma aerodinamica, la geometria e giacitura delle superfici nonché, soprattutto, la revisione e accrescimento del ventaglio prestazionale degli involucri. Nel settore della Ricerca e Sviluppo, infatti, si assiste non solo all’ampliamento delle tipologie di facciata ma, soprattutto, si registra uno straordinario incremento di innovazione sulle funzionalità e risposte attive dei componenti.

È innegabile come gli approcci di dinamicità, adattività, controllo smart e attivo, responsività, integrazione-ibridazione, biomimesi, ecc., abbiano radicalmente cambiato il tradizionale concetto di ‘frontiera’, se non di ‘muro’, con il quale si concepivano gli involucri edili. Anche se a partire dagli anni ’90 i paradigmi dell’efficienza energetica hanno dato una forte accelerazione alle prassi innovative dei sistemi d’involucro, sembra chiaro che è solo negli ultimi anni che si sta conclamando la strategica ‘doppiezza contemporanea’ dei componenti di facciata, ovvero la capacità da parte delle facciate di ‘opporsi e ammettere’ allo stesso tempo i diversi flussi forzanti (in entrata o uscita) che sollecitano le frontiere. Una capacità che configura gli involucri come un ‘Giano bifronte’ che riesce a selezionare in modo controllato gli effetti positivi o negativi indotti dai fenomeni.

Ancora più chiaro appare come il ‘merito’ di questi nuovi comportamenti strategici sia dovuto a elementi ‘micro’ che rendono possibili risposte prestazionali di un nuovo livello qualitativo, per esempio, sotto il profilo del comfort interno globale ottenuto con bassi impegni energetici. Inoltre, quando gli elementi micro scalano al livello dei materiali, il contributo delle nano-materie diventa ancora più evidente, come ad esempio nelle prime applicazioni biomimetiche ai sistemi di involucro. È in questa luce che sembra affermarsi l’opportunità offerta dalla micro-componentistica, derivante spesso da processi di trasferimento tecnologico, nelle soluzioni di involucro finalizzate a nuove offerte prestazionali in risposta a sollecitazioni sempre più estreme. L’involucro acquisisce dunque nuove specificità e nuove prestazioni dettate dalla necessità di configurarsi come una membrana o-

smotica, graduabile e capace di mutare il proprio comportamento dinamico-materico al variare delle sollecitazioni. Si trasforma, perciò, in un elemento di mediazione selettiva, in grado di controllare, attivare e/o disattivare una serie di segnali, variabili in funzione dei fenomeni macro, a cui è sottoposto, verso risposte micro sul quale si incentrano obiettivi di progetto.

Lo sviluppo di un sistema di involucro ‘attivo’ è basato sulla conoscenza approfondita dei fattori climatici esterni, dei parametri che definiscono il livello di comfort interno e delle prestazioni dei materiali che lo compongono. È anche vero che, data l’interazione con gli altri componenti e parametri progettuali, la messa a punto di una facciata che risulti efficiente necessita di sperimentazioni tese a dimostrare la possibilità di dotare gli edifici di sistemi che offrono ‘dinamismi’ utili alla gestione dei flussi, per le risposte ai fenomeni macro che ne influenzano il comportamento qualitativo-prestazionale. Ai fini di una delimitazione sintetica delle tipologie rappresentative e rimandando alla ormai esaudiente letteratura in merito, si riportano solo alcune caratteristiche degli involucri dinamici a ‘contenuto micro’, in cui l’approccio multi-scalare tra questi e il contesto rappresenta, già nella fase embrionale di progetto, una conditio sine qua non.

L’involucro ‘adattivo’ viene definito come un sistema di chiusura che possiede le capacità di cambiare le proprie proprietà e controllare in maniera flessibile differenti parametri (Fig. 3). Il cambiamento adattivo può essere ottenuto in modi differenti: attraverso cambiamenti chimici nei materiali che lo compongono, con la movimentazione di elementi o introducendo flussi d’aria. L’involucro ‘dinamico’, nella sua accezione diffusa, propone un controllo basato sulla relazione ambiente esterno-edificio con la possibilità di gestire i vari flussi attraverso le modifiche dell’intorno, forma, organizzazione degli spazi, configurazioni e azioni dei componenti (Mv. Aa., 2018).

L’involucro a base ‘smart’, inteso come sistema intelligente che gestisce le fonti energetiche dalla produzione all’uso, è caratterizzato da connettività e responsività consentendo la realizzazione di facciate ‘sensibili e rispondenti’ in ragione di sensoristica e attuatori che ne definiscono il nuovo carattere (Fig. 4). L’involucro a base ‘biomimetica’, assumendo la ‘natura come modello, misura e mentore’ (Benyus, 2009) attraverso materiali e componenti che reagiscono agli stimoli ambientali in modo organico e passivo, permette di realizzare facciate cangianti, nelle risposte materico-funzionali e di linguaggio, alle diverse sollecitazioni derivanti dai contesti (Fig. 5).

Risulta evidente un ampio e innovativo campo di opzioni tecnologiche, a una scala dimensionale (micro-macro) e funzionale (dinamismi), cui l’intero processo progettuale può concretamente attingere e ottenere supporto per le proprie scelte.

**Considerazioni finali** | In ragione del quadro sopra illustrato è evidente come la complessità delle interazioni che si instaurano tra edificio e contesto indichi l’involucro quale focus delle relazioni e, di conseguenza, di tutto ciò

che riguarda la sua progettazione. In particolare, emerge la necessità di indagarlo alle diverse scale e nella sua completa messa a sistema, attraverso un approccio integrato, synergico e sostenibile che dovrebbe essere trasferito alle letture critiche della macro e della micro scala. Questa logica multiscalar consentirebbe, tra l’altro, di dimostrare come le ‘regolazioni di risposta’ offerte dai sistemi micro ai nuovi dinamismi degli involucri, incidano in modo sostanziale sui livelli di qualità ambientale degli edifici e sui funzionamenti climatici dei tessuti urbani.

Sembra quindi possibile definire una nuova configurazione di involucro, come ‘adattivo microassistito’. Questa possibile nuova tipologia di involucro potrebbe rappresentare una sorta di componente ‘staminale’ dell’‘organismo edificio’, in grado di migliorarne le capacità prestazionali necessarie al contrasto degli stress climatici estremi o intensi sul tessuto urbano. Un sistema di facciata che fornisce una risposta rapida a quella altrettanto rapida con la quale cambiano le condizioni del contesto. I caratteri di dinamismo che connotano le nuove frontiere sono oggi l’obiettivo fondamentale delle prassi di innovazione tecnologica, evidenziando così il particolare ruolo che la microscala ha per questa sfera esigenziale. Un ulteriore livello scalare è quello riferibile alle nanotecnologie, sempre più settore chiave nell’ambito della Ricerca e Sviluppo del XXI secolo, in particolare per gli ambiti inerenti l’involucro edilizio. È indubbio che queste possono offrire soluzioni applicabili e sostenibili all’architettura contemporanea, supportando una concreta revisione degli approcci progettuali. Le nanotecnologie infatti per interagire con il progetto di Architettura compiono un ‘salto dimensionale’, un salto di scala, incorporandosi così in strutture macro.

Per quanto definito ed espresso, appare

evidente quante siano le linee di ricerca che potrebbero svilupparsi intorno ai temi trattati e quanto questi temi potrebbero offrire alle varie scale del progetto, nuove opportunità di innovazione, di apparati metodologici, di strumenti operativi oltre ad un diverso approccio alla gestione – ad esempio transdisciplinare e cognitiva – dei processi.

The current juncture that affects the scenario of this time, which is marked by contrasting flows where emergencies and development trends often coexist, increasing gaps and where production and consumption models demonstrate structural inadequacy and the modest capacity to revise their foundations, highlights the pressing need to ‘move’ from a phase considered transition to a phase of change. From many sides of the contemporary cultural debate it is evident, in fact, how this need is finally determining an acceleration towards a transformation that, hopes, has real motivations and characteristics of concrete Renaissance. This inevitably crosses and involves in a meaningful and ‘interdependent’ way the field of Architecture, therefore of the processes underlying it, defining the trigger of innovative steps and new answers both in the field of conceptual instruments and in the field of operational practice. A field called to participate in the actions of change, starting by the cognitive apparatus.

In this sense, an example is given by the research fields that use the ‘multiscalar vision’ as a useful criterion to the understanding of phenomena, both material and immaterial, from socio-political, economic-urbanistic flows to technological-artificial ones (Fig. 1). Therefore, it seems clear how the term ‘multiscalarity’ has

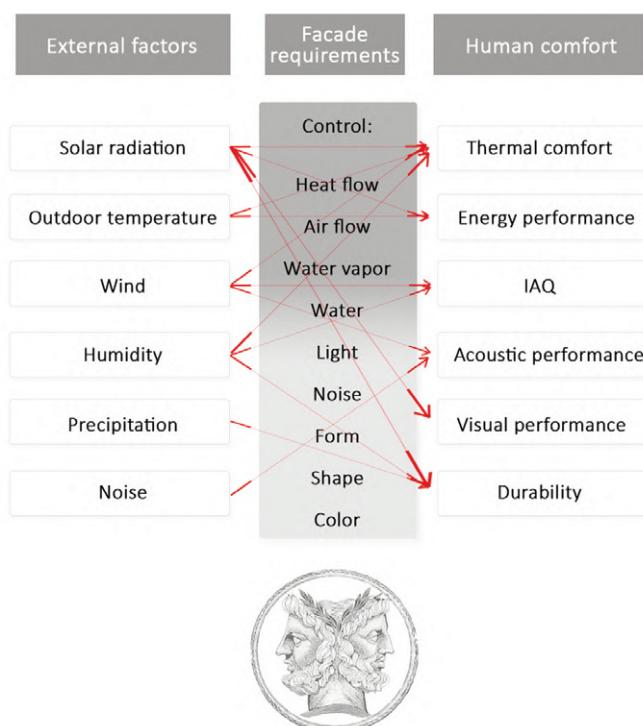
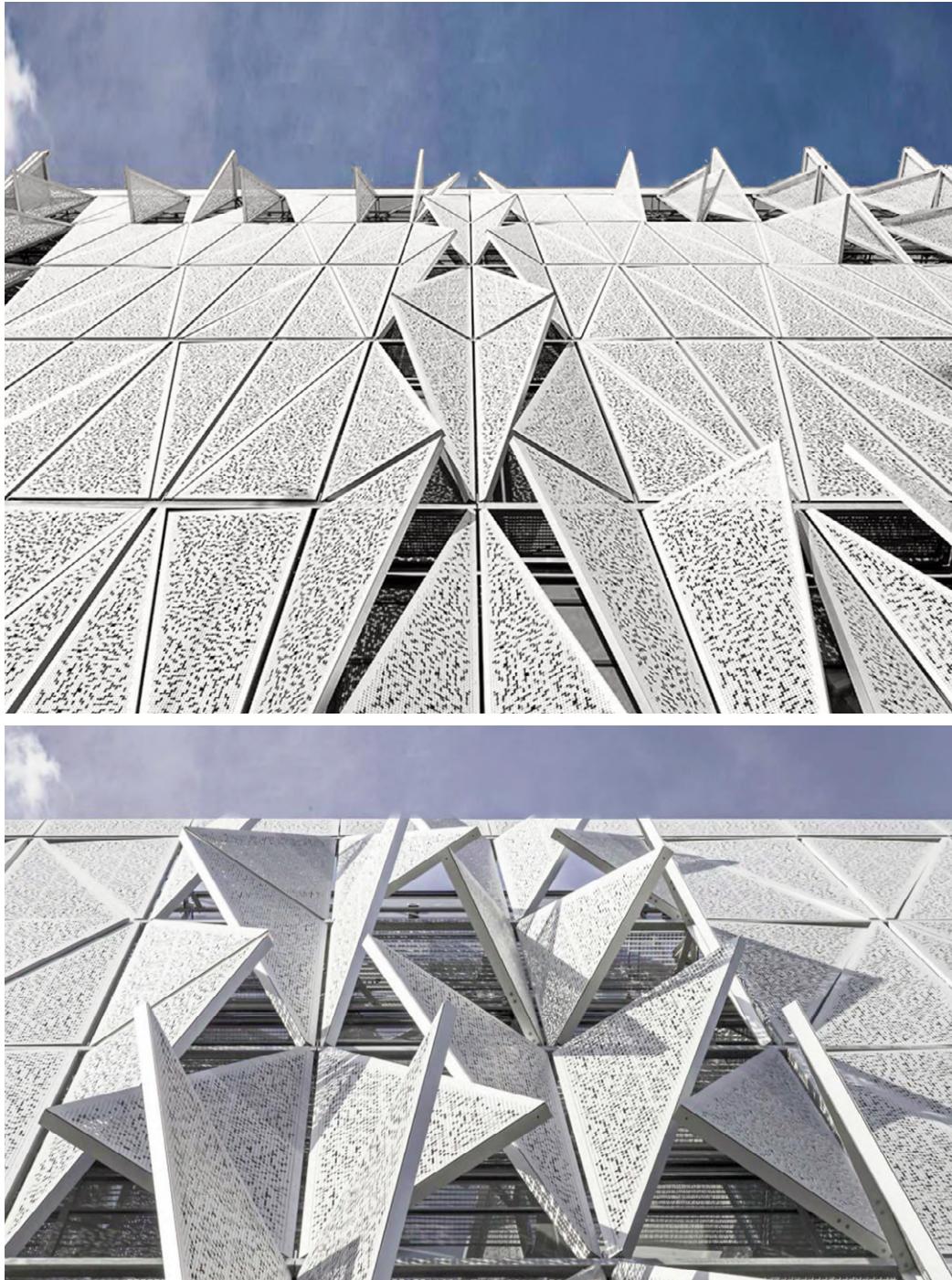


Fig. 2 | ‘Technological Ianus’ Envelope.



**Fig. 3** | Adaptive Envelope, Kolding (elaboration: M. Milardi).

gradually transformed from a ‘concept’, stated in different fields, to an ‘approach’ that carries within itself modalities and criteria that are increasingly influencing the sphere of human action.

Another term that we want to use for the discussion concerns the word ‘versus’: a term that could perhaps become a conceptual tool for the development of methodological constructs, capable of better complementing the efforts that face the complexity of the current scenario. Scenario that, as said, if not really worrying, could still be defined as highly ‘dynamic’, and in many ways unpredictable. By appropriately leaving to the appropriate epistemological fields the pure meanings of the word ‘versus’, in this argument it is believed that it can scale up to the system of phenomena affecting the building envelope or, also called, fa-

cade and border. In particular, it is believed that the range of characteristics, today increasingly rich of external border systems can be reread through the term versus, in a suitable and appropriate way.

In this, it is all too well known that the building envelope is the ‘place’ of the building where responses that at times ‘oppose’ phenomena take place; others, on the other hand, ‘welcome’ them, thus ‘towards’ performances of a ‘positive’ or, to put it in the last trajectories, ‘productive’ type. To account for this, it would be sufficient to refer to the canonical language of bioclimatic where the terms ‘interception’ (of negative stress) and ‘capture’ (of positive stress) are carried out by the same element, and in different directions according to seasons or exposures, assimilating the border

to a ‘technological Janus’ (Fig. 2). Because of this, the contribution will focus on the relationships between buildings and their contexts, assuming that the macro scale awaits the stresses that phenomena, such as climate, ‘impose’ on the envelopes, while at the micro scale, the new qualitative and performance responses offered by facade systems – innovative or not – that today characterize the contemporary architecture landscape.

In the final analysis, the challenges declared by this panorama seem to indicate the opportunity that the ‘particular scale’ of the building border has today to re-orient the meaning of ‘versus’, through its new capacities not to oppose but to co-manage the phenomenal complexity to which is subjected. It then seems useful to employ the multiscale approach to make explicit the dynamic, and therefore complex, relationships between the envelopes and context. ‘Relationships’ that are often not opposite-versus but positively un-directed, therefore, if controlled by the technological matrix, they express themselves in forms of virtuous qualitative synergies, thus contributing concretely to the realization of the desirable Renaissance, multiscalar, of the built environment and of the settled communities.

**Terms of the discussion** | As is well known, research practices from the earliest conceptual embryos have laid their foundations on the formulation of terminological frameworks, which are fundamental for the progress and development of the processes. In fact, ‘esplicatio terminorum’ have always been the constant reference for corrective steps and verifications. In this sense, for the term ‘versus’ its terminological root appears clear from which one wants to draw the cue of the argument, that is ‘opposition, contrast’ but, if one takes into account the Latin derivation of the same word the meaning changes and becomes: ‘in the direction of’, at the same time as ‘going towards something new’, etc. For this reason, it bears witness to a paradox that constitutes its considerable heuristic power: on the one hand, the sense of suspension, on the other, the sense of resistance, in opposition, in leaning against it.

Vs therefore condenses the founding position of semiotics, which affirms the ‘relationship’ as the basis of the meaning and considers positivity as an effect resulting from the exclusion of the opposite term (Deleuze, 2000). As stated in the introduction, the intention here is to make explicit the current character of the building envelopes, which are no longer conceived as an element that opposes a flow but, on the contrary, welcome it by controlling or, at least, opposing in an ‘intelligent’ way to the different relational ‘verses’ with the context.

In reference, instead, to the term multiscalarity, this requires greater specification given its implications with the different cultural assumptions involving the architectural sphere, starting with the link with the sphere of resilience, in general and the scale of the built environment, in particular. In fact, on the one hand, the concept raised some critical positions on the risks that this term brought to the lively debate, or the need to develop new ways

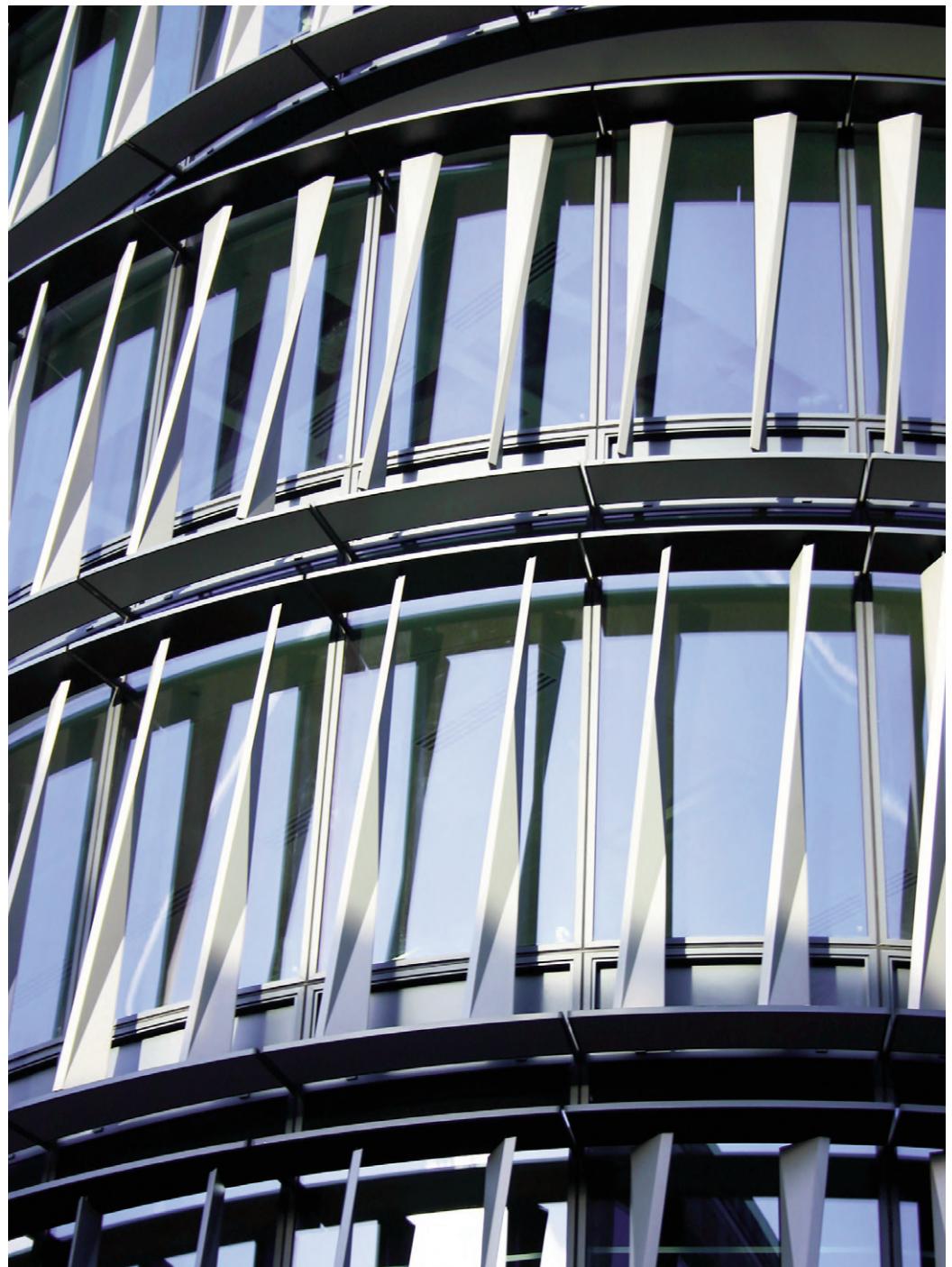
of approaching the changed relationship between the natural environment and the built environment. On the other hand, it seems undeniable that for the disciplines involved in the processes of intervention on the environment, the concept of multiscalarity has become a formidable reference tool (conceptual and operational) for the strategies inherent to the sustainable transformation of the territories.

On the socio-economic side, for example, there are positions such as Hassler e Kohler (2014). They claim that the history of scientific pathways has often illustrated how concepts and terms have produced opacity that have made it very difficult to achieve the set goals. In fact, referring this to the 'scales' of resilience, the scenario determines a very critical effect for the management, in general, of the built environment. In the sense that the multiscalarity of approaches, both the material and immaterial aspects of systems, could constitute a promising 'transdisciplinary bridge' for its resilient management but, this semantic and scalar overload seems to tarnish the opportunities for it.

On the side of the 'project' disciplines, it is useful to refer to different and interesting positions. In the urban planning field it is argued that multiscalarity should be interpreted as a strategic approach that looks at the scalar 'mediation' between the different dimensions of the contemporary urban phenomenon, overcoming boundaries and segmentations (Russo, 2015). Multiscalarity is also thought of as a possible urban design technique that, alongside the processes of territorial planning and programming, it has to consider simultaneously the effects that a transformation generates at different scales (Bevilacqua, 2009).

In the logic of multiscalarity, the positions expressed by the side of the Architecture project that is confronted with its characters when dealing with issues such as sustainability and/or digital control of choices. It recalls exactly what it means to reason in terms of spatial and temporal multiscalarity, as the theme of sustainability involves different scales: that of territory, urban, building, and the building component. Precisely because of its multiscalarity, this approach therefore requires different degrees of judgement and collection of information to support decisions, making it difficult to define a unique method to guide choices (Cominelli, 2017). On the other hand, it is also agreed that the fragmented issue of innovation in the project with the same attitude, remembering however that the multiscalarity is not only pertinence of the instrument or process, but prerogative of the project, domain of the contemporary designer» as well as the adoption of multiscale processes, integrated digitization, the interoperability of tools and the multidisciplinarity of knowledge are attitudes that prove to be strategic for those who aim to collaborate with more globalized structures (Muzzarelli, 2016).

At the scale of the building and envelope systems, it is often pointed out that, although their 'multiple characters' are widely investigated by numerous instruments such as eco-profiles and eco-balances, the multiscalarity, vice versa, that reads the relationships between border and context, does not always focus on



**Fig. 4** | Smart Envelope, London (credit: M. Milardi).

the opportunities for adaptive responses offered by the components related to the 'micro' sphere, therefore by the virtuous dynamisms made possible by this (ARUP, 2015).

In view of the above, this discussion aims to substantiate the beneficial effects of the adaptive functioning of the 'new' building envelope on the built environment, in terms of a two-way response to stress. This response increases the resilient capacity of the contexts and, at the same time, 'covers' a scalar level of relationship still little investigated in management processes, resulting from environmental quality requirements. From this we can deduce the importance of experimentation aimed at the realization of adaptive envelopes in the responses to stress phenomena, today increasingly present in the urban environment.

**Macro Phenomena and Response Scales** | In recent years the theme of climate change has developed and spread in an increasingly relevant way, bringing with it a greater awareness of the effects that this causes in human, environmental, social and economic terms. In the same way, it is evident how the effects caused by these changes reverberate on the buildings, taking the form like 'macro phenomenon that urges the entire building system'. The study of climate and its effects is one example of the intellectual and operational challenge that today is posed by complex systems and mathematical models that are the ideal tools to grasp its behaviour. It is consolidated that buildings and the urban environment are exposed to high risks caused by the effects of climate change, such as the increased frequency of strong



**Fig. 5** | Strategies for biomimetic envelopes (elaboration: M. Milardi).

winds, increased heat from artificial surfaces (Urban Heat Island and Heat Wave), and heavy rainfall (Pluvial Flooding), as well as floods and fires that often accompany these extreme phenomena of great magnitude and strength.

This synthetic context shows how the 'macro' phenomena events linked to these well-known changes, direct efforts towards a concrete revision of design approaches, at various scales, in order to make the response of urban systems to the effects of climate change more effective. In this sense, the development of innovative strategies, methods and technologies to limit impacts on the built environment is increasingly required, taking into account that it is the built environment itself that triggers climate stress dynamics to be mitigated and, when possible, cancelled as they arise (Lucarelli, 2018).

Among the strategies identified to meet these demands, the mitigation strategy is consolidated, but the results of numerous experiences in the field have shown that it is necessary to complement the adaptation strategy, for example, with the range of adaptive options to the 'micro' scale constituted by contemporary building envelopes. This requires that the design of adaptive facades, especially for critical or sensitive environmental areas, be preceded by analyses aimed at: understanding the dynamics that influence the vulnerability of buildings, verifying the applicability of solutions and congruence to contexts, as well as, simulations and tests to assess the adequacy of responses.

It should be added that the current regulations on the set of requirements to be met,

combined with the requirements on the expectations of a 'new' comfort on the part of users, direct research activities towards the study of innovative solutions that acting on the building envelope are able to combine effective responses to the stresses arising from phenomena that often express their strength in synergistic forms, therefore more stressful. In this sense, in order to orient 'design and experimentation' towards the creation of dynamic and adaptive envelopes – on a micro basis – it seems important to define repositories of control systems and appropriate technologies, for the biunivocal response (versus) to the building/context relations that interdependently influence the microclimate of the urban space.

**Micro answers: the role of the envelope** | By the phenomenological scenario described above, it is clear how extreme climatic effects have in recent years passed from manifestations involving, in principle, poorly built areas to phenomena that invest densely built environments such as cities in an intensive way, often entering into synergy with the microclimate triggered by them. Referring this to the building scale, and since the assumption of how much the external surfaces affect the climatic-environmental variation of the urban context is now well established, research actions are now orienting towards envelope surfaces with adaptability characteristics such as to respond efficiently to the dynamic context and, at the same time, are able to absorb the effects generated by it (Milardi, 2018).

This panorama, in fact, seems to push the design of buildings towards new requirements that not only concern the sphere of canonical buildings but also others, such as the aerodynamic shape, geometry and positioning of surfaces and, above all, the revision and enhancement of the range of performance of the envelopes. In the field of Research and Development (R&D), in fact, there is not only an expansion of the types of facade, but above all, there is an extraordinary increase in innovation on the functionality and active response of the components.

It is undeniable how the approaches of dynamism, adaptivity, smart and active control, responsiveness, integration-hybridisation, biomimesis, etc., have radically changed the traditional concept of 'border', if not 'wall', with which building envelopes were conceived. Although since the 90s energy efficiency paradigms have given a strong acceleration to the innovative practices of envelope systems, it seems clear that, is only in recent years that the strategic 'contemporary duplicity' of the facade components, i.e. the capacity of the facades to 'oppose and admit' at the same time the different forcing flows (in or out) that urge the borders, is becoming clear. A capability that configures the envelopes as a 'two-faced Janus' that is able to select in a controlled way the positive or negative effects induced by the phenomena.

It is even clearer that the 'merit' of these new strategic behaviours is due to 'micro' elements that make it possible to achieve a new level of performance, for example, in terms of

global internal comfort obtained with low energy requirements. Moreover, when microelements scale to the level of materials, the contribution of nano-materials becomes even more evident, as for example in the first biomimetic applications to envelope systems. It is in this light that the opportunity offered by micro-components, often resulting from technology transfer processes, in envelope solutions aimed at new performance offerings in response to increasingly extreme stresses seems to be asserting itself. The envelope therefore acquires new specificities and new performances dictated by the need to be configured as an osmotic membrane, which can be graduated and capable of changing its dynamic-material behaviour as the stresses vary. It is therefore transformed into an element of selective mediation, able to control, activate and/or deactivate a series of signals, variable according to the macro phenomena to which it is subjected towards micro responses on which the design goals are centred.

The development of an 'active' envelope system is based on an in-depth knowledge of external climatic factors, the parameters that define the level of internal comfort and the performance of the materials that make it up. It is also true that, given the interaction with the other components and design parameters, the development of an efficient facade, requires experimentation aimed at demonstrating the possibility of equipping buildings with systems that offer 'dynamism' useful for the management of flows, for responses to macro phenomena that influence their qualitative and performance behaviour. For the purpose of a synthetic delimitation of the representative typologies, and referring to the by now exhaustive literature on the subject, only some characteristics of the dynamic envelopes with 'micro content' are reported, in which the multi-scale approach between the envelope and the context represents, already in the embryonic phase of the project, a *conditio sine qua non*.

The 'adaptive' envelope is defined as a locking system that has the ability to change its properties and flexibly control different parameters (Fig. 3). Adaptive change can be achieved in different ways: through chemical changes in the materials of which it is composed, through the movement of elements or by introducing airflows. The 'dynamic' envelope, in its widespread meaning, proposes a control based on the relationship between the external environment and the building with the possibility of managing the various flows through the modifications of the surroundings, shape, organization of spaces, configurations and actions of the components (Vv. Aa., 2018).

The smart-based envelope, intended as an intelligent system that manages energy sources from production to use, is characterized by connectivity and responsiveness, allowing the creation of 'sensitive and responsive' facades in terms of sensors and actuators that define its new character (Fig. 4). The biomimetic-based envelope, taking 'nature as a model, measure and mentor' (Benzus, 2009) through materials and components that react to environmental stimuli in an organic and passive way, it allows to create facades that change in their material-functional and language responses to the different stresses arising from the contexts (Fig. 5).

It is evident a wide and innovative field of technological options, at a dimensional (micro-macro) and functional (dynamism) scale, from which the whole design process can concretely draw and obtain support for its choices.

**Final considerations** | As a result of the above described, it is evident how the complexity of the interactions that are established between the building and its context, indicate the envelope as the focus of the relationships and, consequently, of everything that concerns its design. In particular, it emerges the need to investigate it at the different scales and in its complete systemic arrangement, through an integrated, synergic and sustainable approach,

which should be transferred to the critical readings of the macro and micro scale. This multiscalar logic, among other things, should demonstrate how the 'response adjustments' offered by micro systems to new envelope dynamisms substantially affect the environmental quality levels of buildings and the climatic functioning of urban fabric.

It seems possible, therefore, to define a new envelope configuration, as 'micro-assisted adaptive'. This possible new type of envelope would represent a sort of 'staminal' component of the 'building organism', able to improve the performance capabilities necessary to combat extreme or intense climatic stress on the urban fabric. A facade system that provides a rapid response to the equally rapid response with which the conditions of the context change. The dynamic characters that connote the new borders are today the fundamental goal of the practices of technological innovation, thus highlighting the particular role that the microscale has for this demanding sphere. A further scalar level is nanotechnology, which is increasingly a key area of R&D in the 21st century, particularly in the building envelope. There is no doubt that these can offer applicable and sustainable solutions to contemporary architecture, supporting a concrete revision of design approaches. Nanotechnologies, in fact, make a 'dimensional leap', a leap of scale in order to interact with the Architecture project, thus incorporating into macro structures.

As defined and expressed, is clear how many lines of research could be developed around the themes discussed and how much these themes could offer to the various scales of the project, new opportunities for innovation, methodological apparatus, operational tools as well as a different approach to the management – for example, transdisciplinary and cognitive – of processes.

## Acknowledgements

The contribution is the result of a common reflection of the Authors, who are part of the Research Unit AP-SIA (Analysis and Project for Sustainability and Environmental Hygiene) of the dArTe Department of 'Mediterranean' University of Reggio Calabria – Scientific Responsible: Prof. Maria Teresa Lucarelli. Mariateresa Mandaglio e Caterina Claudia Musarella are Members of the TCLab Research Group of the 'Mediterranean' University of Reggio Calabria – Scientific Responsible: Prof. Martino Milardi.

## References

- ARUP (2015), *City Resilience Framework*, Rockefeller Foundation. [Online] Available at: [www.rockefellerfoundation.org/wp-content/uploads/City-Resilience-Framework-2015.pdf](http://www.rockefellerfoundation.org/wp-content/uploads/City-Resilience-Framework-2015.pdf) [Accessed 22 April 2020].
- Benzus, J. M. (2009), *Biomimicry – Innovation Inspired by Nature*, 4th ed., Harper Collins Perennial, New York.
- Bevilacqua, C. (2009), "Spatial Planning e Multiscalarità. I nuovi paradigmi dell'urbanistica contemporanea", in *Strill*, newspaper online, 15 September 2009. [Online] Available at: [www.strill.it/rubriche/nuova-urbanistica-mediterranea/2009/09/spatial-planning-e-multiscalarita-i-nuovi-paradigmi-dellurbanistica-contemporanea/](http://www.strill.it/rubriche/nuova-urbanistica-mediterranea/2009/09/spatial-planning-e-multiscalarita-i-nuovi-paradigmi-dellurbanistica-contemporanea/) [Accessed 22 April 2020].
- Cominelli, S. (2017), *Sostenibilità ambientale delle strutture alberghiere*. [Online] Available at: [sostenibilitaambientaledellestrutturealberghiere.wordpress.com/2017/05/29/progettazione-architettonica-per-la-sostenibilita/](http://sostenibilitaambientaledellestrutturealberghiere.wordpress.com/2017/05/29/progettazione-architettonica-per-la-sostenibilita/) [Accessed 22 April 2020].
- Deleuze G. (2000), "Da che cosa si riconosce lo strutturalismo?", in Fabbri, P. and Marrone, G. (eds), *Semiotica in nuce – Volume I – I fondamenti e l'epistemologia strutturale*, Roma, Meltemi, pp. 91-110.
- Hassler, U. and Kohler, N. (2014), "Resilience in the built environment", in *Building Research & Information*, vol. 42, issue 2, pp. 119-129. [Online] Available at: [doi.org/10.1080/09613218.2014.873593](https://doi.org/10.1080/09613218.2014.873593) [Accessed 22 April 2020].
- Lucarelli, M. T. (2018), "Verso una nuova centralità ecologica dell'ambiente costruito", in *Eco Web Town*, n. 18, vol. II, pp. 7-12. [Online] Available at: [www.ecowebtown.it/n\\_18/pdf/18\\_02.pdf](http://www.ecowebtown.it/n_18/pdf/18_02.pdf) [Accessed 22 April 2020].
- Milardi, M. (2018), "Adaptive Models for the Energy Efficiency of Building Envelopes", in *Journal of Technology Innovations in Renewable Energy*, vol. 6, n. 4, pp. 108-117.
- Muzzarelli, A. (2016), "GIS e strumenti innovativi dell'analisi del territorio", in *Ingenio / Informazione tecnica e progettuale*, 21 January 2016. [Online] Available at: [www.ingenio-web.it/5241-gis-e-strumenti-innovativi-dellanalisi-del-territorio](http://www.ingenio-web.it/5241-gis-e-strumenti-innovativi-dellanalisi-del-territorio) [Accessed 22 April 2020].
- Russo, M. (2015), "Multiscalarità – Dimensioni e spazi della contemporaneità", in *Archivio di Studi Urbani e Regionali*, n. 113, pp. 5-22. [Online] Available at: [www.francoangeli.it/Area\\_RivistePDF/getArticolo.ashx?idArticolo=54705](http://www.francoangeli.it/Area_RivistePDF/getArticolo.ashx?idArticolo=54705) [Accessed 2nd May 2020].
- Vv. Aa. (2018), *Advanced Building Skins – Proceedings of the 13th Conference on Advanced Building Skins 1-2 October 2018, Bern, Switzerland*, Advanced Building Skins GmbH, Wilen.

## DAL MEGA AL NANO, E RITORNO

Il processo/progetto di tutela, conservazione e restauro dei Beni Culturali

## FROM MEGA TO NANO, A ROUND TRIP

The process/project of protection, preservation and restoration of Cultural Heritage

Stefano Francesco Musso

### ABSTRACT

I termini 'mega' e 'nano' proposti dal numero 7 di Agathón sono certo legati in primo luogo all'ambito scientifico e in particolare alla metrologia, ma compaiono spesso anche nel linguaggio comune, figurato o metaforico. Nulla sembra invece riferirli direttamente al complesso mondo dei Beni Culturali e alla loro salvaguardia, tutela, conservazione, restauro, valorizzazione e gestione. In realtà non è così. Vi sono molti casi in cui questi termini hanno una diretta attinenza con quel mondo e, in particolare, con il Patrimonio Culturale costruito, ossia con l'architettura a diverse scale. Altre volte, essi possono essere comunque utilizzati in senso metaforico o evocativo, per esprimere concetti comunque pertinenti con quest'ambito di riflessione, studio e azione.

The terms 'mega' and 'nano' proposed by Agathón issue number 7 are linked, primarily, to the scientific field and in particular to metrology, but are often found also in common, figurative or metaphorical language. However, they seem in any way linked to the complex world of Cultural Heritage and their protection, conservation, preservation, restoration, enhancement and management. Actually, this is not the case. In many cases these terms are directly relevant to that field and, in particular, to the Built Cultural Heritage, that is architecture at different scales. In other cases, they can still be used in a metaphorical or evocative sense, to express concepts relevant to this area of thought, study and action.

### KEYWORDS

patrimonio culturale, architettura, restauro, conservazione, materia

cultural heritage, architecture, restoration, preservation, matter

**Stefano Francesco Musso**, Architect, is a Full Professor of Restoration at the Department of Architecture and Design of the University of Genoa (Italy). He carries out research in the field of Restoration theories, projects and techniques. He is the President of SIRA (Italian Society for Architectural Restoration), Coordinator of the Conservation Network of EAAE (European Association for Architectural Education) and the author of over 290 scientific publications in Italy and abroad. Mob. +39 320/49.99.770 | E-mail: stefanofrancesco.musso@unige.it

In senso generale, secondo il Dizionario Treccani (2020a) della lingua italiana il termine ‘mèga’ (dal greco *megas* grande) indica il «[...] Primo elemento di numerose parole composte di formazione moderna, anche nella terminologia lat. scient., che significa in genere ‘grande, grosso’ e indica talora grandezza, sviluppo, dilatazione esagerati o abnormi [mentre] “In metrologia, [esso identifica un] elemento compositivo (simbolo M), che, anteposto al nome di una unità di misura, ne moltiplica il valore per 1.000.000. [Infine,] Nell’uso recente, soprattutto nel linguaggio della pubblicità, il prefisso, in seguito alla diffusione del linguaggio scient. e anche a una certa usura di super – e maxi – ha dato origine a neoformazioni di tono per lo più scherz. e iperb., quali, [...] megastadio» (Fig. 1). Ecco così emergere, grazie all’ultimo esempio, l’architettura e ad essa potremmo aggiungere il territorio, considerando ad esempio le mega-infrastrutture e il loro impatto sul paesaggio. Recentemente, poi, la stampa italiana ha parlato del ‘mega-restauro’ di Buckingham Palace a Londra (Ferraioli, 2018), annunciato dalla Regina Elisabetta II, richiamando così lo specifico ambito dei Beni Culturali. Il prefisso ‘mega’ compare poi addirittura nella denominazione di alcune imprese attive nel settore del restauro in Italia.

Analoghe osservazioni possono poi riguardare il termine ‘nano’ (o nanno) [da nano] che, sempre per il Dizionario Treccani (2020b): «[...] In metrologia (simbolo: n), anteposto a una unità di misura, ne divide il valore per 109: per es., nanocurie, nanofarad, ecc. [e che] Nel linguaggio scientifico, [compare come] primo elemento di parole composte, nelle quali indica genericam. piccole dimensioni o, specificamente, relazione con l’unità di lunghezza nanometro». Inoltre, nella forma di aggettivo, nano [lat. *nanus*, gr. *nanos*], può indicare «[...] Con usi estens. o fig.: un edificio n., di piccole dimensioni rispetto alla norma o in confronto con quelli che lo circondano; con accezione più tecnica, in architettura, galleria n., bassa galleria ad arcate, come quelle che costituiscono i loggiati ricavati nello spessore del muro esterno di una chiesa, con archetti e colonnine, presenti solo nel romanico italiano e tedesco (Modena, Ferrara, Spira, Magonza, Worms)» (Dizionario Treccani, 2020c; Fig. 2). Ecco così comparire, anche in questo caso, un diretto riferimento all’architettura. Vedremo, tuttavia, che il termine ‘nano’, come prefisso o come aggettivo, compare in modo ancora più specifico nel campo degli studi e delle tecniche di intervento proprie del restauro, di cui direttamente si occupa la S.I.R.A. (Società Scientifica Italiana per il Restauro dell’Architettura) che rappresento.

Superando lo stretto e rigoroso ambito della metrologia e delle singole unità di misura evocate dalle definizioni richiamate, possiamo comunque riconoscere che, in termini generali e intuitivi, tra i due termini non esiste totale discontinuità. Il ‘mega’, o grande e grosso, comprende sempre e necessariamente il (o un) ‘nano’, o piccolo e micro. Quest’ultimo, da un altro punto di vista, è parte costitutiva essenziale di ogni ‘mega’. L’uno senza l’altro sembrano non poter esistere, sia nel mondo delle scienze esatte o dure, sia in quello dell’esperienza comune. Il

‘nano’ da solo non crea il mondo, né determina in modo autosufficiente le sue (o nostre) leggi, ma sostanzia e condiziona in mille modi il ‘mega’, non solo in senso materiale e fisico-chimico, energetico o meccanico, ma anche da un punto di vista culturale, politico e ideale. Tra ‘mega’ e ‘nano’, tra grande e piccolo, sembra quindi esistere una qualche continuità e osmosi (talvolta anche una confusione) di dimensioni, scale, gerarchie e rapporti reciproci.

Può anche sembrare che le due dimensioni chiamino in causa in modi privilegiati due distinti atteggiamenti cognitivi e interpretativi della realtà che ci circonda, nella sua dimensione percepibile e in quella più intima e nascosta, quali l’olismo e il riduzionismo. Il ‘mega’ sembra richiedere o favorire uno sguardo panico, olistico appunto, in grado di cogliere in un solo atto (attimo) il tutto con le sue parti e i nessi tra loro, capace di sintesi e di interpretazioni globali. Il ‘nano’, all’opposto, pare richiedere il ‘rasoio di Occam’ e le più raffinate capacità del riduzionismo scientifico, per cui il tutto è comprensibile solo attraverso la sua dissezione nelle singole e minime parti che lo compongono, grazie ad analisi puntuali, secondo procedure, prove e misurazioni assolutamente controllabili e replicabili. Come sempre, la verità non risiede in nessuno dei due modelli in sé stessi e abbiamo in realtà bisogno sia di visioni olistiche sia di pazienti e controllate riduzioni della complessità del reale, per comprenderlo e poi anche per agire su di esso, compreso il vasto mondo dei Beni Culturali, dell’architettura e del restauro di cui qui ci occupiamo.

**I Beni Culturali, tra ‘mega’ e ‘nano’** | Nel 1972, la Conferenza generale dell’Organizzazione delle Nazioni Unite per l’Educazione, la Scienza e la Cultura, adottò a Parigi la Convenzione riguardante la Protezione sul Piano Mondiale del Patrimonio Culturale e Naturale (UNESCO, 1972). Da quel momento, ha avuto inizio la lunga storia della World Heritage List e, nel 2003, l’UNESCO ha poi adottato la nuova Convenzione per la salvaguardia del patrimonio culturale immateriale dell’umanità, avendo tra i suoi obiettivi prioritari «[...] l’attuazione di misure atte a favorire la trasmissione del patrimonio culturale immateriale fra le generazioni» (UNESCO, 2019). Il vasto e complesso mondo del Patrimonio Culturale dell’Umanità, materiale e immateriale, tangibile e intangibile, ha così preso sempre più forma, si è espanso in modi impressionanti e ancora lo farà in futuro, essendo questo il suo inevitabile destino. Possiamo quindi dire che il Patrimonio è un fenomeno grande, vastissimo, diffuso a livello planetario, globale e, appunto, ‘mega’. Eppure, anche in questo caso, non si può ignorare il piccolo, il micro, il ‘nano’ o il locale. È di nuovo questione di dimensioni assolute e relative, di fattori di scala e di sguardi o punti di vista, sempre però strettamente intrecciati tra loro, mai esclusivi o discriminanti in modi definitivi.

Il Patrimonio mondiale è fatto di Patrimoni nazionali, data la natura dell’UNESCO e la rilevanza geo-politica, oltre che culturale, della sua formazione e progressiva espansione. Tralasciamo in questa sede, per necessità di spazio e coerenza tematica, le pur fondamentali criti-

che che questa impostazione ha da sempre sollevato e continua a suscitare, anche riguardo ai rischi di una sorta di colonizzazione a livello ‘mega’ del mondo intero, con esportazione e imposizione ovunque di concetti e criteri di matrice Europea e occidentale. Importa piuttosto sottolineare come, nella concezione e nella struttura stessa del Patrimonio Mondiale dell’Umanità, la dimensione globale e quella locale necessariamente coesistono e vivono di continui rimandi di significati, valori e azioni di salvaguardia, tutela, conservazione/restauro e valorizzazione. Peraltro, non solo la prima dimensione globale del patrimonio può richiamare in modo esclusivo il termine e il concetto di ‘mega’ rispetto alla seconda, vista come espressione di una dimensione ‘nano’, nazionale e locale.

Per comprenderlo, è sufficiente considerare come il Patrimonio culturale è definito dalla Convenzione del 1972. Per l’art. 1, infatti, esso comprende: «[a] i monumenti: opere architettoniche, plastiche o pittoriche monumentali, elementi o strutture di carattere archeologico, iscrizioni, grotte e gruppi di elementi di valore universale eccezionale dall’aspetto storico, artistico o scientifico; [b] gli agglomerati: gruppi di costruzioni isolate o riunite che, per la loro architettura, unità o integrazione nel paesaggio hanno valore universale eccezionale dall’aspetto storico, artistico o scientifico; [c] i siti: opere dell’uomo o opere coniugate dell’uomo e della natura, come anche le zone, compresi i siti archeologici, di valore universale eccezionale dall’aspetto storico ed estetico, etnologico o antropologico» (UNESCO, 1972, pp. 1, 2). È evidente che ogni categoria di elementi considerabili di potenziale interesse culturale e, a loro volta, ciascun elemento o serie di elementi iscrivibili nel Patrimonio Culturale dell’Umanità ripongono, in modi diffusi e inesorabili, la co-esistenza di ‘mega’ e di ‘nano’, di grande e di piccolo, senza soluzione di continuità (Figg. 3-5).

Tutto ciò è assai importante, perché, come diceva Carlo Giulio Argan già nel 1986: «Non esiste un concetto di bene culturale. Vi sono cose, gruppi e complessi di cose che hanno importanza per la storia, la condizione presente e i prossimi sviluppi della cultura. La cultura non è proprietà di persone, di classi, di singoli paesi; è di tutti. Bene culturale significa dunque bene pubblico»; continuava poi annotando che: «Il termine “bene” ha un senso patrimoniale: i beni culturali sono tali perché parti di un patrimonio. Il patrimonio culturale è mondiale, dunque ciascun paese risponde del proprio a tutto il mondo civile. Ogni paese civile ha leggi che proteggono, cioè disciplinano l’uso del proprio patrimonio culturale: all’apparato giuridico corrispondono servizi tecnici e amministrativi per l’interpretazione e l’applicazione delle leggi di protezione» (Argan, 1986, p. 7).

Emerge da queste parole la consapevolezza che i Beni Culturali, anche se l’accento è posto solo sulle ‘cose’, con evidente limitazione concettuale rispetto ai più attuali sviluppi del dibattito in materia, sono certo importanti in sé stessi, ma lo sono ancor più in quanto parti di insiemi e sistemi più ampi e vasti. Questa consapevolezza è infatti fondamentale per comprendere appieno i valori dei singoli Beni indivi-



**Fig. 1** | National Stadium 'Lia Manoliu' in Bucharest (photo by the author, 2011).

dui, rispetto al contesto in cui sono immersi e per progettarne correttamente il futuro. Il destino di ciascun Bene ('nano') condiziona così quello del sistema più ampio di cui è parte ('mega'). La sua perdita o irreparabile manomissione è una perdita che affligge il tutto ed è maggiore di quella del suo solo specifico e autonomo valore, considerato in sé stesso.

**L'Architettura, tra 'mega' e 'nano'** | Ciò accade anche se spostiamo il punto di osservazione e consideriamo un singolo Bene o un singolo sito, rispetto alle sue parti componenti. Pensiamo, ad esempio, all'ultimo sito Italiano candidato alla World Heritage List, ossia Bologna con il sistema dei suoi portici, che ha ottenuto una prima decisione favorevole, anche se l'iter ufficiale non è ancora completato. Non si tratta di un sito seriale, come si potrebbe pensare e come sono, ad esempio, il Camino de Santiago de Compostela o le fortificazioni venete di terraferma, tra Italia, Croazia e Montenegro<sup>1</sup>. In essi, la differenza tra il tutto e le parti è resa plastica dalla dislocazione di queste ultime in territori a volte assai vasti e lontani tra loro. Bologna è invece candidata come sito singolare e in quanto insieme di elementi differenti, individuali seppur connessi, ciascuno portatore di valori specifici e di una propria storia, eppure legati da nessi essenziali che conferiscono all'insieme un valore storico testimoniale, oltre che architettonico, maggiore della semplice somma di quelli dei singoli elementi che lo compongono.

Bologna, come candidata a espressione del Patrimonio Culturale dell'Umanità ('mega'), vive quindi dell'insieme dei singoli edifici e dei rispettivi portici ('nano', rispetto al tutto) che, uniti tra loro, danno vita a vere e proprie direttive viarie coperte, superando ed espandendo significati e ruoli del singolo edificio e del suo spazio fronta-

le, privato e domestico, per divenire struttura pubblica e urbana. Dal momento, però, che tutto si tiene e vi è continuità tra i diversi livelli scalari, la medesima cosa accade anche tra il singolo edificio e il suo spazio porticato ('mega', a questa scala) e con i pilastri o colonne che lo sostengono, i loro mattoni o pietre e la malta che li connette ('nano') ma anche oltre questi stessi limiti, fino alla più intima struttura dei singoli materiali impiegati (Figg. 6-8).

Non dobbiamo stupirci di tutto ciò. Per secoli, la tradizione trattatistica rinascimentale ha assimilato l'edificio a un corpo, esprimendo la convinzione che esso, come un tutto ('mega'), sia fatto di parti ('nano') e che il suo valore sia tuttavia sempre superiore alla somma dei singoli valori di ciascuna di esse, così come le parti condizionano il tutto e ne sono al contempo condizionate.

Vincenzo Scamozzi, tra i tanti autori che potremmo citare al proposito, affermava ad esempio, nel 1615: «Altrove noi dicemmo, che l'edificio, era cosa composta di materie, e d'opera fatta per mano degli Artefici, ma' hora aggiungeremo ben di più, ch'egli è un corpo materiale colligato insieme: il quale ha fondamenta, e parti, e membra, & ossa, e nervi, & apriture; [...] E prima l'edificio si può ragionevolmente chiamar corpo, quando egli è del tutto finito, e perfettionato, ovvero in buono stato di potersi finire e ridurre a compimento per poterlo adoperare per quel fine, al quale egli fu destinato a principio [...]. Parti dell'edificio intendiamo che siano gli appartamenti [...]. Membra si possono intendere le Porte, e le Fenestre [...]. L'ossa sono i sostegni dell'edificio, come gli angoli esterni, & interni delle mura, cosi [...] i Pilastri, e simiglianti, i quali l'un per l'altro, e tutti insieme reggono e sostengono esso edificio. Nervi si possono dir gli Architravi, le Cornici [...] e poi le Travamente, & i Tetti che uniscono da

muro a muro, e le catene di ferro che legano le volte, & altre di legno che fanno differenti effetti [...]» (Scamozzi, 1964, p. 272).

Lo studio e la comprensione degli edifici di Bologna, come di ogni altro edificio o monumento al mondo, deve tenere conto di tutto ciò e il progetto di restauro non può ignorare che così essi furono concepiti e costruiti un tempo, poi abitati e modificati con grandi ('mega') o minimi ('nano') interventi, ciascuno dei quali ha lasciato nel suo corpo tracce evidenti, flebili o nascoste che sono comunque parte essenziale della loro storia. Le cose non cambiano molto neppure se ci riferiamo a edifici costruiti dopo che la metafora dell'edificio corpo ha lasciato spazio a quella meccanicistica dell'edificio come 'machine à habiter', secondo l'espressione di Le Corbusier, anche se la loro storia più breve fa talvolta erroneamente supporre che conservarli sia inutile, perché privi di valore, o più semplice, perché meno materialmente stratificati.

Comunque, anche gli edifici costruiti in epoche a noi più vicine sono pur sempre costituiti di materiali, lavorati e messi in opera nei modi più vari. Che siano fatti di marmi e pietre, mattoni e legni, ceramiche, intonaci decorati con tinte a calce o con affreschi, dotati di legamenti e rinforzi in ferro dolce forgiate, oppure siano costruiti in acciaio e calcestruzzo di cemento armato, con vetri strutturali, acciai corten o alluminio variamente lavorato, legni lamellari o nuovi cementi fibro-rinforzati, tutti gli edifici si confrontano dunque con il mondo dei materiali. Tutte le costruzioni sfruttano o subiscono le loro caratteristiche tecniche, tecnologiche, prestazionali, meccaniche o energetiche e devono tenere conto delle loro strutture fisiche e della loro natura chimica.

In fondo, per millenni, l'uomo ha sottratto materia alla natura per trasformarla in materiali



Fig. 2 | Modena Cathedral (photo by the author, 2015).

da costruzione, con minori o maggiori gradi di trasformazione: utilizzando ciottoli raccolti sul greto dei fiumi o pietre affioranti dal terreno, sbozzandole e poi squadrandole, fino a ottenere raffinatissime stereometrie e sterotomie, oppure raccogliendo e utilizzando tronchi appena caduti, poi scortecciati e squadrati e talvolta uniti tra loro per superare i limiti del materiale e coprire luci sempre più grandi. E gli esempi potrebbero continuare. Poi vennero le rivoluzioni industriali e l'uomo iniziò a 'creare' materiali inesistenti in natura, ma pur sempre a partire da essa, utilizzando processi di sintesi e produzione industriale sempre più complessi.

Nonostante ciò, tuttavia, sia i primi sia i secondi materiali hanno comunque specifiche caratteristiche tecniche e di lavorabilità, una struttura fisica indagata, spiegata e manipolabile grazie alle leggi di quella scienza, possiedono una natura mineralogico-petrografica, cristallina, sedimentaria, colloidale o di altra natura e mille altri caratteri che solo l'indagine scientifica può chiarire. Soprattutto, tutto ciò che esiste sulla faccia della terra perché creato dall'uomo per il soddisfacimento dei suoi bisogni, compreso il puro deserto, che nel XIX secolo William Morris (1979) invece escluse dal dominio dell'Architettura essendo creazione divina, (il 'mega'), è pur sempre costituito da uno o più elementi della Tavola Periodica di Mendeleev e di ciò dovremmo sempre essere consapevoli (il 'nano' o 'micro').

Questa condizione non ha certo dato vita in modi deterministici alle scelte e ai linguaggi formali, compositivi, alle geometrie o alle simbologie delle architetture, durante i secoli passati e neppure oggi. Tuttavia, ne ha certo influenzato la costruzione e ancora ne condiziona la durata. Una colonna, pur appartenendo formalmente al medesimo ordine architettonico, nel rispetto della sintassi classica o post-

classica, al di là della volontà dell'artefice e della percezione distratta di chi la osserva, non sarà infatti la stessa se costruita con blocchi monolitici di marmo, in roccia di travertino connessi con perni in ferro e con malta, oppure con mattoni pieni rivestiti con stucco di calce aerea, per mille ragioni, sia in fase di progettazione sia in fase di cantiere. Ancor meno si comporterà allo stesso modo al passare del tempo e sotto gli effetti degli agenti aggressivi ambientali e registrerà quindi in modi differenti gli effetti delle 'onde passanti dell'umanità' che la bagnano, mostrando effetti dei processi di degrado assai mutevoli e in parte imprevedibili, oltre che con impatti per nulla analoghi sulla sua durata, consistenza, resistenza e perfezione formale. E ciò dipende da quanto di 'nano' la caratterizza.

Lo suggeriva già Vincenzo Scamozzi nel 1615, osservando che «Fra tutte l'opere attuali, che possa far l'uomo, niuna certo è più durabile (poiché non si può dir eterna) che questa dell'edificare [tanto che n.d.r.] si conclude chiaramente la perpetuità dell'opere dell'architettura sopravanzare le altre de gli huomini»; e aggiungeva sconsolato: «[...] se pur vediamo la destruttione de gli edifici antichi; ciò è avvenuto per le devastazioni e incendi de' Barbari e anche per le rovine, o di pace, o di guerra, accadute da poi d'essi; o finalmente per le male qualità delle materie, e per le male colligazioni dell'opere o anco per la malignità dell'aria [...]» (Scamozzi, 1964, p. 53).

A fianco degli scempi umani, emerge così prepotentemente anche l'ineliminabile ruolo della natura ('mega') con le sue leggi, o meglio con le leggi che l'uomo ha solo successivamente formulato per spiegarne le dinamiche, prevederne gli sviluppi o governarne gli effetti, compresi quelli derivanti dalle sue artificiali invenzioni. Le costruzioni, secondo quelle leggi

(finché non dimostrate errate o superate da altre più efficaci) e per l'inesorabile e mutevole trascorrere del 'tempo della natura', come direbbe John Ruskin (1982), tornano così a essere influenzate dal comportamento della materia, che è in parte almeno governato dalla dimensione del 'nano' (si pensi solo agli effetti dei cambiamenti climatici in corso). La doratura di uno stucco che scompare, lasciando a terra una polvere biancastra, è forse segno della cristallizzazione di sali solubili al di sotto della superficie decorata. Può essere l'esito di complessi fenomeni fisici e chimici, influenzati anche dal microclima, oltre che dalla natura dei materiali in opera.

Per comprendere tutto ciò occorre domandare alla scienza, formulare ipotesi ed eseguire prove di carattere laboratoriale che ne confermino la fondatezza. Ciò che appare come 'macro' o 'mega' fenomeno ha, infatti, spiegazioni profonde legate in realtà a fenomeni di natura 'micro' o 'nano', come in mille altri processi di degrado della materia costruita (Musso, 2008). Si ripropone così un circolo infinito e ricorrente. Il tutto si tiene e, come dicevano chimici e filosofi, nulla si crea, nulla si distrugge, tutto si trasforma – se solo per un momento pensiamo alla scienza prima delle scoperte della fisica quantistica, con il principio di indeterminazione o la scoperta dell'antimateria che complicano non poco le questioni, ma non le stravolgono del tutto, almeno nel mondo sub-lunare.

In questi casi, abbiamo per questo bisogno di dialogare con esperti di pressoché l'intero scibile umano, almeno in linea di principio, ponendo le giuste domande e comprendendone il più possibile in modi autonomi le risposte. Nessuno, d'altra parte può sottrarsi all'architettura e nessuna costruzione può essere considerata priva di interesse per l'infinita serie di saperi disciplinari, scientifici e tecnici che, direttamente



Figg. 3, 4 | Trevi Fountain and Archaeological Park in Rome (photos by the author, 2010).

o indirettamente, la possono riguardare. L'intero spettro delle cosiddette scienze esatte, dure, della terra, dei materiali, delle strutture, non dimenticando quelle storiche, artistiche, sociali, economiche, di cultura materiale e molte altre, peraltro in perenne mutamento e autorinnovamento, sono dunque riferimenti imprescindibili per chi si occupa di Beni Culturali e del loro destino. Fisica, chimica, metallurgia, geologia, petrografia, cristallografia, biologia, botanica, zool-

ogia, e l'elenco potrebbe continuare a lungo, sono riferimenti essenziali, seppur non autosufficienti, in questo capo.

Questa condizione rende difficile e insieme affascinante il nostro lavoro, in un continuo percorso tra tanti 'mega' e altrettanti 'nano' universi di cose, idee, questioni e metodi di studio e di azione che devono reciprocamente dialogare, pena il fallimento dei nostri anche più nobili intenti.

**Tempo, degrado, durata** | Per le molte ragioni richiamate, nella percezione comune e diffusa, l'architettura è spesso considerata un 'macro' o 'mega' fenomeno, ossia una cosa grande, tangibile, stabile, ferma, immobile, inanimata, espressione del 'tempo della cultura' (Ruskin, 1982), ossia un artificio (perché fatta con arte, dalla mano dell'uomo che ne è artefice e autore, anche se non certo come singolo individuo e in modi sempre autonomi). In effetti, però, sappiamo che essa è fatta di (o animata da) 'micro' e 'nano' fenomeni, realtà, e qualità, da materiali che hanno strutture minute, indagabili fino a livello sub-atomico (Figg. 9, 10).

L'architettura è così mutevole nel tempo, per effetto di 'macro' o 'micro' fenomeni esterni o interni (sedimenti fondali, del terreno, alluvioni, frane o eventi sismici, incendi, ma anche per indebolimenti interni, deformazioni, dislocamenti, perdite di capacità portante, ecc.). Essa, al di là delle apparenze, è anche animata, oltre che da noi umani, da insetti, roditori, volatili, licheni, muffle, alghe, patine biologiche, piante infestanti, inferiori e superiori. Seppur opera dell'uomo, infatti, l'architettura è pur sempre immersa nella natura e soggetta al suo tempo e alle sue leggi che ne determinano, in grande misura, qualità, durata e destino. Di ciò dobbiamo essere consapevoli e tenerne il debito conto in ogni azione di studio, programmazione, progettazione e gestione del patrimonio costruito.

Chi si occupa di Beni Culturali, d'altra parte, è anzitutto impegnato a ricostruirne e comprenderne la storia passata e, in questa prospettiva, le datazioni dirette assumono spesso un'importanza rilevante, seppur mai esclusiva, soprattutto quando sono poste a confronto, se possibile, con l'analisi delle fonti archivistiche indirette (testuali, documentarie, iconografiche). Anche in questo campo, ciò che è 'nano' può dunque rivelarsi prezioso strumento, come avviene per le datazioni delle malte di calce aerea eseguite col metodo del carbonio 14, o per la tecnica della termoluminescenza utilizzata per datare i laterizi e i prodotti fittili in genere (Musso, 1995, 2016). A ciò portano i contributi fondamentali della archeologia dell'elevato, della stratigrafia muraria e della archeometria, che fanno da ponte continuo proprio tra il 'mega' visibile e il 'nano' spesso nascosto, confuso o poco visibile, delle antiche architetture.

**Il progetto di restauro tra 'mega' e 'nano': un tentativo di sintesi** | Il progetto di restauro stesso, infine, è di necessità un continuo percorso di andata e ritorno tra i due apparenti estremi proposti dal numero 7 di Agathón, doveva trasformare in pietre, ossia in realtà fattuale, un'idea e un programma generale. Il progetto rappresenta in qualche misura il 'mega' della vicenda ed è a sua volta figlio o referente di realtà ben più ampie, quali il dibattito e la sperimentazione internazionale in materia. Lo stesso processo di costruzione del progetto e il suo controllo devono o possono avvenire anche attraverso il dominio dei suoi singoli dettagli, ossia il 'nano', spinto ove necessario fino alle frontiere subatomiche della materia, per comprendere di essi e del tutto i comportamenti nel tempo, sotto le azioni previste dell'ambiente esterno e degli usi.

Néppure il cantiere si sottrae d'altra parte a questo continuo percorso di andata e ritorno tra il 'mega' e il 'nano'. Per quanto approfondite siano state le indagini analitiche e diagnostiche propedeutiche e dettagliate le indicazioni di progetto (relazioni tecniche, mappe tematiche, specifiche di intervento), infatti, l'esito dell'intervento dipenderà in gran parte dalle mani e dalle abilità di chi, con il bisturi, la spatola o il frattazzo, dovrà tradurre sul corpo dell'edificio le indicazioni progettuali, punto per punto, adeguando le intenzioni 'mega' del progetto alla dimensione 'nano' in cui opera. Anche nell'intervento di restauro, la dimensione del 'nano' riveste così grande rilevanza, non solo per comprendere appieno, ad esempio, la compatibilità tra i nuovi materiali scelti per gli interventi progettati e la materia esistente da pulire, consolidare o integrare. Basti pensare, ad esempio, alle ricerche più avanzate nel settore del consolidamento dei materiali lapidei, basate sull'impiego delle nano-tecnologie, dei nano-materiali e, in particolare, delle nano-calci (Tzavellos et alii, 2019).

Ogni processo di tutela del patrimonio culturale costruito che abbiamo provvisoriamente ereditato, o che prendiamo a prestito dalle generazioni future, così come ogni progetto di restauro, se non considerato quale un evento isolato e definitivo, ma come tappa intermedia della storia degli edifici, non può che partire da queste consapevolezze. Naturalmente, occorre essere anche coscienti che la dimensione del 'nano', comprese le risposte delle scienze alle nostre domande su origine, caratteri, proprietà e resistenze della materia esistente da trasmettere al futuro, non potranno mai risolvere automaticamente la dimensione 'mega' del progetto. Esso, infatti, deve per sua natura rispondere a ben altre razionalità, esigenze e istanze culturali, sempre sotto la nostra responsabilità di 'nani' del transeunte presente.

Ritorniamo così, infine, al punto da cui siamo partiti, ossia all'interrogativo su come i termini 'mega' e 'nano' (o altri simili e correlati) possano o debbano interferire con ogni discorso e pratica di studio e di progetto sui Beni Culturali costruiti. A questo proposito, possiamo forse dire, per iniziare, che dal 'mega' del Patrimonio Mondiale o da quello dei singoli Paesi, si passa naturalmente e inevitabilmente al 'nano' (per così dire) dei vari siti ed edifici in essi compresi e che se sparissero questi ultimi, in prospettiva, non esisterebbe più neppure il primo, o risulterebbe quantomeno menomato per la loro perdita. È anche vero che, simmetricamente o specularmente (dipende dal punto di vista adottato o necessitato), si passa necessariamente dal singolo sito o edificio dei patrimoni nazionali e locali, intesi come 'mega' realtà effettuali, alle dimensioni 'micro' (sempre in senso relativo) dei loro elementi e componenti costruttivi e, da questi ultimi, a quella 'nano' della materia costitutiva e dei fenomeni di degrado che ne mettono a rischio caratteri, specificità, significati, durata e sopravvivenza.

Se sparisce la materia costruita, in sostanza, si perde in tutto o in parte il Bene Culturale e, al massimo, se ne può produrre una copia, un clone, una replica che, come già avvertiva nel 1903 Alois Riegl (2017) a inizi Novecento,



**Fig. 5** | 'Cinque Terre' UNESCO site in Liguria: the Village of Riomaggiore (photo by the author, 2010).

può solo essere un pallido succedaneo dell'esistente. Una volta che questo sia perduto, peraltro, non è neppure possibile compararlo con la copia nel frattempo prodotta e apprezzare eventualmente i suoi possibili ruoli didattici e documentari. Il rischio, quindi, è che si giunga con indifferenza alla semplice sostituzione di edifici esistenti, pur ritenuti di interesse culturale a livello 'mega' e universale, con 'fake copies' realizzate a livello 'nano' e locale, come tante ne esistono ormai nel mondo. Basti pensare al Campanile di San Marco a Las Vegas o in scala minore in Canada, alla Tour Eiffel in Cina o a Dubai. Queste copie certo non avrebbero meritato l'iscrizione nel Patrimonio Mondiale dell'Umanità ma, forse, ne sono purtroppo un frutto indiretto e in parte perverso.

Parallelamente, dal restauro inteso come 'mega' processo culturale e tecnico, nutrito da tendenze, idee, dibattiti in perenne mutamento, si passa inevitabilmente al livello 'nano', ossia alle idee e alle posizioni culturali, tecniche e sperimentali del singolo progettista, alle pratiche del progetto e del cantiere. Da esse si dovrebbe poi sempre risalire al 'mega', ossia al dibattito internazionale che pur sempre di esse si nutre, in un circolo infinito ma virtuoso che, si spera, produca riflessioni, verifiche ed eventualmente anche mutamenti di rotta, rispetto a derive preoccupanti per il destino del Patrimonio di Beni Culturali dell'umanità. In gioco, in fondo, vi sono, come sempre: originalità, autenticità, specificità e unicità del singolo Bene e dell'insieme più vasto di cui è parte ed espressione, pur non assumendo tali qualità come assolute, prive di ambiguità e universalmente incontestabili.

Emerge così, sotto diverse forme, un'altra possibile accezione di 'macro' o 'mega' feno-

meno in questo campo, legata alla pura immagine di un manufatto e alla sua percezione talvolta superficiale, contrapposta alla sostanza inevitabilmente anche 'nano' della sua materia costitutiva (sempre in senso relativo). Quest'ultima è, per molti protagonisti del dibattito attuale sui Beni Culturali e almeno in linea di principio, irriproducibile e pertanto insostituibile, se non pagando prezzi che, quando siano davvero inevitabili, dovrebbero comunque essere chiaramente denunciati. Le supposte e imprevedibili ragioni della sostituzione, infatti, comportano la perdita della materia esistente e storicamente stratificata che è, in gran parte, la principale se non unica depositaria dei valori culturali, talora anche ignoti, che dichiariamo di voler tutelare e trasmettere al futuro.

---

In general, according to the Treccani Italian Dictionary (2020a) the term 'mèga' (from ancient Greek *megas*, large) indicates the first element of many compound words of modern formation, also in Latin scientific terminology it generally means 'large, big' and sometimes indicates exaggerated or abnormal size, development, dilatation. In metrology, it identifies a compositional element (symbol M), which, placed before the name of a unit of measurement, multiplies its value by 1,000,000. Finally, in recent use, especially in advertising, the prefix – as a result of the diffusion of the scientific language and also the overuse of super and maxi – has originated new compound words mostly with a playful tone, such as 'mega stadium' (Fig. 1). After the last example, the topic of architecture starts emerging, to which we could add the territory, taking the mega-infras-

tructures and their impact on the landscape as an example. Recently, the Italian press dealt with the 'mega-restoration' of Buckingham Palace in London (Ferraioli, 2018), announced by Queen Elizabeth II, thus recalling the specific field of Cultural Heritage. The prefix 'mega' also appears in the name of some companies working in the restoration field in Italy.

Similar remarks can be made on the term 'nano' (or nanno) [from nano]; in metrology, placed before a unit of measurement, it divides the value by 109: for example, nanocurie, nano-farad, etc. and in scientific language, it is the first element of compound words, in which it generically indicates small dimensions or, specifically, the link with the nanometre unit of length (Dizionario Treccani, 2020b). Furthermore, as an adjective, nano [from Latin *nanus*, from Ancient Greek *nanos*], can describe with extensive or figurative meanings: a smaller than normal building or than buildings around it; with a more technical meaning, in architecture, a low small-arcade gallery, like those of the loggias made from the external wall of a church, with small arches and columns, present only in Italian and German Romanesque architecture – Modena, Ferrara, Spira, Mainz, Worms (Dizionario Treccani, 2020c; Fig. 2). Here there is, also in this case, a direct reference to architecture. However, we will see that the term 'nano', as a prefix or as an adjective, is used even more specifically in the field of studies and intervention techniques relating to the restoration, which is directly addressed by the S.I.R.A. (Italian Society for Architectural Restoration), which the Author chairs.

Overcoming the strict and rigorous field of metrology and the units of measurement mentioned in the previous definitions, we can acknowledge that, generally and intuitively speaking, there is not a total discontinuity between the two terms. 'Mega', large and big, always and necessarily contains (a) 'nano', small and micro. The latter, from another point of view, is an essential integral part of every 'mega'. It seems that one cannot exist without the other, both in exact or hard science and in common experience. On its own, 'nano' neither creates the world, nor self-sufficiently determine its (or our) laws, but countless substantiates and conditions the 'mega', not only from a material and physical-chemical, energetic or mechanical point of view, but also from a cultural, political and ideal one. Apparently, between 'mega' and 'nano', large and small, there is a continuity and osmosis (sometimes also a mix) of dimensions, scales, hierarchies and mutual relations.

It may also seem that the two dimensions involve in a privileged way two different cognitive and interpretative attitudes of the world around us, in its perceptible dimension and in the most intimate and hidden one, such as holism and reductionism. The 'mega' seems to require or favour a Panic view, holistic, capable of grasping in one setting (moment), the ensemble, with every part and internal links, capable of synthesis and global interpretations. The term 'nano', on the other hand, seems to require the 'Occam's razor' and the most refined abilities of scientific reductionism, stating that it

is possible to understand the ensemble only by reducing it into its individual and minimal parts, thanks to precise analyses, following fully controllable and replicable procedures, tests and measurements. As usual, the truth is not in either model on its own and we need both holistic visions and patient and controlled reductions of the complexity of reality, to understand it and then also to work on it, including the extensive world of Cultural Heritage, architecture and restoration dealt with in this paper.

**Cultural Heritage, between 'mega' and 'nano'** | In 1972, the Convention concerning the Protection of World Cultural and Natural Heritage was adopted in Paris by the General Conference of the United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO, 1972). Since that moment, the long history of the World Heritage List had begun and, in 2003, UNESCO has adopted the Convention for the Safeguarding of the Intangible Cultural Heritage, keeping among its main objectives the implementation of measures aiming to transmit the intangible Cultural Heritage to future generations (UNESCO, 2019). The broad and complex, material and immaterial, tangible and intangible Cultural Heritage has thus increasingly taken shape, has expanded in impressive ways and will continue to do so in the future, this being its inevitable destiny. Therefore, we can state that the Heritage is a large, vast, worldwide widespread, global and, indeed, 'mega' phenomenon. Yet, even in this case, we cannot ignore the small, micro, 'nano' or local dimension. Again, it is a matter of absolute and relative dimensions, scale factors, or points of view, always closely intertwined, never exclusive or discriminating in definitive ways.

The World Heritage is made of national Heritages, given the nature of UNESCO and its geo-political and cultural relevance of its creation and progressive expansion. Because of space constraints and thematic coherence, we will not deal with the fundamental criticisms that this approach has always raised and continues to raise, also about the risks of a sort of 'mega' colonization of the whole world, by exporting and imposing everywhere European and Western ideas and criteria. Instead, it is important to underline how, in the idea and structure of the World Heritage Sites, the global and local dimensions necessarily coexist and are the object of continuous references of meanings, values and safeguard, protection, preservation/restoration and enhancement actions. Moreover, it is not just the first global dimension of Heritage that can exclusively recall the term and the concept of 'mega' but also the second, seen as an expression of a 'nano', national and local dimension.

In order to understand it just consider how Cultural Heritage is defined by the 1972 Convention. In fact, the art. 1 includes: a) monuments – architectural works, works of monumental sculpture and painting, elements or structures of an archaeological nature, inscriptions, cave dwellings and combinations of features, which are of outstanding universal value from the point of view of history, art or science; b) groups of buildings – groups of separate or

connected buildings which, because of their architecture, their homogeneity or their place in the landscape, are of outstanding universal value from the point of view of history, art or science; c) sites – works of man or the combined works of nature and man, and areas including archaeological sites which are of outstanding universal value from the historical, aesthetic, ethnological or anthropological point of view (UNESCO, 1972). It is clear that every category of an element considered of potential cultural interest and, also, each element or series of elements that can be listed in the World Heritage Sites propose, in widespread and inexorable ways, the seamless coexistence of 'mega' and 'nano', large and small (Figg. 3-5).

This is truly important because, as Carlo Giulio Argan already said in 1986, the concept of Cultural Asset does not exist. There are some things, groups and complexes of things relevant to history, the present and the future developments of culture. The culture is not property of people, classes or one country; it belongs to everyone. A Cultural Asset is a public good; he continued stating that the term Asset has a Heritage meaning: the Cultural Heritage is what it is because it is part of a Heritage. The Cultural Heritage belongs to the whole world, therefore, each country is accountable for its own to the civilized world. Each civilized country has laws that protect, that is regulate, the use of its Cultural Heritage: the legal system is supported by technical and administrative services to understand and enforce protection laws (Argan, 1986).

From these words, it emerges the awareness that Cultural Assets – even if the focus is only on 'things', with clear conceptual limitations with respect to the most recent developments of the debate on the subject – are certainly important if considered as a unit, but are even more important if considered as parts of larger and wider groups and systems. This awareness is, in fact, fundamental to fully understand the values of the single Asset, in relation to its context, to suitably plan its future. The destiny of every Asset ('nano') conditions the broader system of which it is part of ('mega'). Its decline or irreparable tampering is a loss that affects the ensemble and it is greater than losing only its specific and autonomous value, considered as a unit.

**Architecture, between 'mega' and 'nano'** | This is what happens even if we switch point of view and consider a single Asset or site, instead of its constituent parts. For example, let's consider the last Italian Site selected for the World Heritage List: Bologna and its 'portici' – covered walkways – which has obtained a first positive decision, even if the official procedure is not yet completed. It is not a serial site, as one might assume and as, for example, the Way of St. James of Compostela or the Venetian mainland Works of Defence, between Italy, Croatia and Montenegro are<sup>1</sup>. For them, the difference between the ensemble and their parts is made plastic by their location in very vast and sometimes distant from each other territories. Instead, Bologna was nominated as one site and since it is a set of different, au-

tonomous, individual elements, each with specific values and its own history, yet connected by essential links that give the ensemble a higher historic and architectural value, than the simple sum of its constituent parts.

Bologna, as an expression of the World Heritage Sites ('mega'), relies on all the individual buildings and their respective porticos ('nano', compared to the ensemble) which, considered as an ensemble, create true covered walkways, going beyond and expanding the meanings and roles of the single building and its front, private and domestic space, to become a public and urban structure. However, since everything is connected and there is continuity between the different scalar levels, the same thing also happens between the single building and its 'portici' ('mega', at this scale) and with the pillars that support it, their bricks and the cement that connects them ('nano') and beyond these limits, down to the most inner structure of the used materials (Figg. 6-8).

This should not come as a surprise. For centuries, the Renaissance treatise tradition has assimilated the building into a body, asserting that it is, as an ensemble ('mega'), made of parts ('nano') and that its value is always higher than the sum of the individual values of each part, as well as that the parts condition the ensemble and are also conditioned by it.

In 1615, Vincenzo Scamozzi, one of the many authors we can quote, stated: «Altrove noi dicemmo, che l'edificio, era cosa composta di materie, e d'opera fatta per mano degli Artefici, ma' hora aggiungeremo ben di più, ch'egli è un corpo materiale colligato insieme: il quale ha fondamente, e parti, e membra, & ossa, e nervi, & apriture; [...] E prima l'edificio si può ragionevolmente chiamar corpo, quando egli è del tutto finito, e perfezionato, ovvero in buono stato di potersi finire e ridurre a compimento per poterlo adoperare per quel fine, al quale egli fu destinato a' principio [...]. Parti dell'edificio intendiamo che siano gli appartamenti [...]. Membra si possono intendere le Porte, e le Fenestre [...]. L'ossa sono i sostegni dell'edificio, come gli angoli esterni, & interni delle mura, così [...] i Pilastri, e simiglianti, i quali l'un per l'altro, e tutti insieme reggono e sostengono esso edificio. Nervi si possono dir gli Architravi, le Cornici [...] e poi le Travamente, & i Tetti che uniscono da muro a muro, e le catene di ferro che legano le volte, & altre di legno che fanno differenti effetti [...]» (Scamozzi, 1964, p. 272).

The study and understanding of the buildings in Bologna, as of every other building or monument of the World, must take into account this and the restoration projects cannot ignore that they formerly were created and built in this way, then inhabited and modified with great ('mega') or small ('nano') interventions, which have left evident, faint or hidden traces in its body, still an essential part of their history. It is not different even if we refer to buildings built after the body building metaphor had given way to the mechanistic one – which considered the building as 'machine à habiter', according to Le Corbusier – even if, since they are recent, it is sometimes erroneously thought that keeping them is useless, because they are

worthless, or simply, because they are less materially stratified.

However, even the buildings created in more recent eras are built with processed materials, used in the most varied ways. Whether they are made of marbles and stones, bricks and woods, ceramics, plaster decorated with lime paints or with frescoes, with forged soft iron joints and supports, or they are built in steel and reinforced concrete, with structural glass, Corten steel or aluminium processed in different ways, laminated woods or new fibre-reinforced cements, all buildings are therefore confronted with the world of materials. All constructions exploit or are subjected to their technical, technological, performance, mechanical or energy characteristics and must be aware of their physical structures and their chemical nature.

After all, for millennia, man has subtracted matter from nature to transform it into building materials, with minor or greater transformations: using pebbles collected on the banks of rivers or stones emerging from the ground, rough-hewing them and then squaring them, until obtaining refined solid geometries and stereotomies, or by collecting and using trunks that had just fallen, then debarked and squared them and sometimes joined them together to overcome the limits of the material and cover ever larger lights. The list of examples could continue. Then, the industrial revolutions began, and man started to 'create' materials that did not exist in nature, but were still originating from it, by using increasingly complex synthesis and industrial production processes.

However, both the first and second types of materials have specific technical and workability characteristics, an investigated, explained and manipulable physical structure thanks to scientific laws, they have a mineralogical-petrographic, crystalline, sedimentary, colloidal nature, etc. and many other features that only scientific investigation can clarify. In particular, whatever exists on Earth was created by man to satisfy his needs, 'including the pure desert', which in the 19th century William Morris (1979) excluded from the field of Architecture since it is of divine creation ('mega'), but it is still made up of one or more elements of Mendeleev's Periodic Table and we should always acknowledge it (the 'nano' or 'micro').

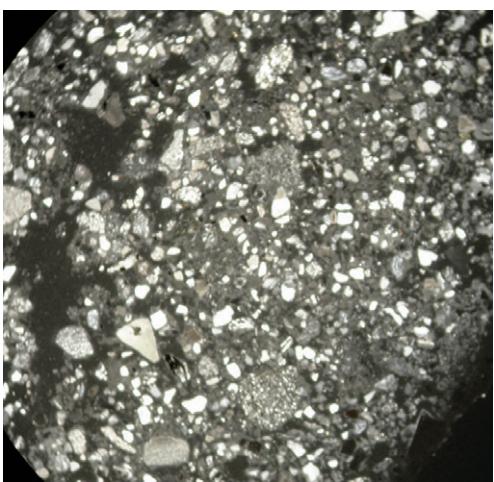
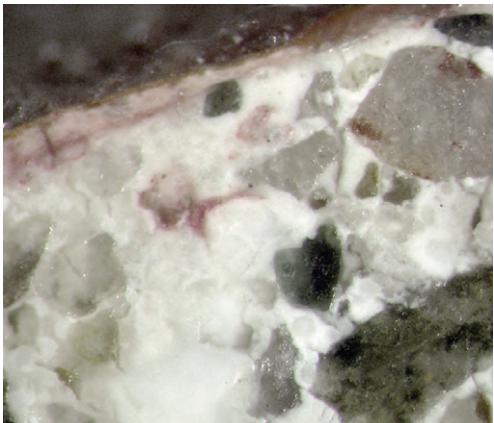
This condition certainly did not deterministically originated choices and formal compositional languages, geometries or symbols of architecture, neither in the past centuries nor today. However, it has definitely conditioned its building process and still conditions its duration. A column, although formally belonging to the same architectural order, respecting the classical or post-classical standards, beyond the will of its creator and the distracted eye of the viewer, would not be the same if it was built with monolithic blocks of marble, in cylindrical travertine blocks connected with iron and mortar pins, or with solid bricks covered with slaked lime plaster, for infinite reasons, both in the design and in the construction phases. Over time, it will not behave in the same way, under the effects of aggressive environmental agents and will therefore react in



Figg. 6, 7 | Bologna, exterior and interior of the Portico of San Luca (photos by M. Pretelli, 2020).

Fig. 8 | Bologna, interior of the Porticoes of via Saragozza: deterioration, materials, structure (photo by M. Pretelli, 2020).

different ways to the effects of the 'long waves of humanity' that hit it, showing very variable and partially unpredictable effects of deterioration processes, as well as different impacts on its duration, consistency, resistance and formal perfection. This depends on how much the 'nano' characterizes it.



**Fig. 9** | Cross section for the characterization of a 17th century frescoes sample from Palazzo Belimbau in Genoa (photo by R. Vecchiattini, 2019).

**Fig. 10** | Thin section for the characterization of a plaster sample from Vico Fate in Genoa (photo by R. Vecchiattini, 2019).

In 1615 Vincenzo Scamozzi suggested «Fra tutte l'opere attuali, che possa far l'uomo, niuna certo è più durabile (poiché non si può dir eterna) che questa dell'edificare [tanto che n.d.r.] si conclude chiaramente la perpetuità dell'opere dell'architettura sopravanzare le altre de gli huomini; [e aggiungeva sconsolato:] se pur vediamo la destruttione de gli edifici antichi; ciò è avvenuto per le devastazioni e incendi de' Barbari e anco per le rovine, o di pace, o di guerra, accadute da poi d'essi; o finalmente per le male qualità delle materie, e per le male colligationi dell'opere o anco per la malinità dell'aria [...]» (Scamozzi, 1964, p. 53).

Alongside human errors there are the inevitable role of nature ('mega') and its laws, or rather the laws that man has only subsequently theorized to explain its dynamics, forecast its developments or manage its effects, including those resulting from his artificial inventions. The buildings, according to those laws (until proven to be wrong or outdated by more effective ones) or to the inexorable and mutable passing of the 'time of nature', as John Ruskin (1982) would say, thus are again influenced by the behaviour of matter, which is partly ruled by the dimension of 'nano' (just think about the effects produced by current climate changes). The plaster gilding that disappears, leaving on the ground a whitish powder, is perhaps a sign

of the crystallization of soluble salts below the decorated surface. It might be the result of complex physical and chemical phenomena, also influenced by the micro-climate and the nature of the used materials.

It is necessary to turn to science to understand it, formulate hypotheses and carry out laboratory tests that confirm its validity. What seems like a 'macro' or 'mega' phenomenon, actually, follows deep explanations linked to a 'micro' or 'nano' phenomenon, as in many other deterioration processes of built matter (Musso, 2008). Therefore, an infinite and recurring circle is occurring. Everything is connected and, as chemists and philosophers said: in nature nothing is created, nothing is lost, everything changes – if only for a moment we think of science before the discoveries of quantum physics, with the uncertainty principle or the discovery of antimatter that quite complicate the subjects, but do not completely revolutionize them, at least in the sublunar sphere.

In these cases, we need to discuss with experts about almost the whole human knowledge, at least in principle, asking the right questions and independently understanding the answers as much as possible. Conversely, nobody can avoid architecture and no building can be considered as uninteresting for the infinite series of disciplinary, scientific and technical knowledge that, directly or indirectly, concern it. The whole range of the so-called exact, hard, of the earth, materials, structures, and also historical, art, social, economic, of material culture and many others sciences – constantly changing and self-renewing – are therefore essential references for those who work with Cultural Assets and their future. Physics, chemistry, metallurgy, geology, petrography, crystallography, biology, botany, zoology, and so on, are essential references, albeit not enough, in this field.

This condition makes our job difficult and fascinating at the same time, a long path made of many 'mega' and 'nano' universes of things, ideas, questions and studying and action plans that have to work together, otherwise even the most noble pursuits might fail.

**Time, deterioration, duration** | Because of the many reasons listed above, in the common and widespread opinion, architecture is often considered as a 'macro' or 'mega' phenomenon, that is a great, tangible, stable, firm, immobile, inanimate thing, an expression of the 'time of culture' (Ruskin, 1982), an artifice (because it is made with art, by man who is its creator and author, although not individually but in increasingly autonomous ways). However, we know that it is made of (or driven by) 'micro' and 'nano' phenomena, reality and quality, materials with tiny structures, which can be investigated down to the sub-atomic level (Figg. 9, 10).

Therefore, architecture is ever-changing in time, because of 'macro' or 'micro', external or internal phenomena (seabed, soil, floods, landslides or seismic events, fires, but also due to internal weakening, deformations, displacements, loss of load-bearing capacity, etc.). Beyond appearances, it is also driven by humans, insects, rodents, birds, lichens, moulds, algae,

biological patinas, weeds, on the ground and in the air. Even if architecture is a product of man, it is still immersed in nature and subject to its time and its laws that determine, to a large extent, its quality, durability and future. We must be aware of it and take into due account every action of study, planning, design and management of the Built Heritage.

Those who work with Cultural Assets, on the other hand, focus first on the reconstruction and understanding of their history and, in this sense, direct dating often has a significant but never decisive importance, especially when they are compared, when possible, with the analysis of indirect archival sources (textual, documentary, iconographic). Even in this field, 'nano' components can prove to be a precious tool, as it happens for slaked lime dating with carbon-14 method, or the thermoluminescence technique used for bricks and, in general, fictile products dating (Musso, 1995, 2016). This is the result of the fundamental contributions of building archaeology, wall stratification and archaeometry, which are a seamless bridge between the visible 'mega' and the often hidden, unclear, inconspicuous 'nano' of ancient architectures.

**Restoration project between 'mega' and 'nano': an attempted synthesis** | Finally, the restoration project in itself needs a continuous round trip between the two apparent extremes proposed by Agathón issue number 7, having to transform an idea and a general programme into stone, that is factual reality. The project somehow represents the 'mega' in this situation and it is the product or the referent of much wider realities, such as the debate and international experimentation on the subject. The same building project and its supervision must or can happen through the control of its details – 'nano' – if necessary pushed to the subatomic frontiers of matter, to understand them and their behaviours over time, under the foreseen effects of the external environment and of their uses.

Not even the building site can avoid this continuous round trip between 'mega' and 'nano'. However, no matter how thorough the analytical and diagnostic investigations have been, preparatory and detailed the project indications (technical reports, thematic maps, intervention specifications), the outcome of the intervention will largely depend on the hands and skills of those who, with a scalpel, spatula or plastering trowel will have to transfer the design guidelines, point by point, on the body of the building, adapting the 'mega' intentions of the project to the 'nano' dimension in which it operates. Even in the restoration intervention, the 'nano' dimension has great relevance, not only to fully understand, for example, the compatibility between the new materials chosen for the project and the existing material to be cleaned, consolidated or integrated. For instance, think about the most advanced research in the field of consolidation of stone materials, based on the use of nano-technologies, nano-materials and, in particular, nanolimes (Tzavellos et alii, 2019).

Any process of Built Cultural Heritage pro-

tection that we have temporarily inherited, or that we borrow from future generations, as well as any restoration project, if not considered as an isolated and definitive event but as an intermediate stage in the history of buildings, can but start from this awareness. Of course, we must also be aware that the 'nano' dimension – including the answers of science to our questions on the origin, characters, properties and resistance of existing matter to be handed on – will never be able to automatically fulfil the 'mega' dimension of the project. In fact, by nature, it must respond to very different rationalities, needs and cultural issues, always under our responsibility as we are the 'nano' in the transient present.

Therefore, we finally return to the starting point, to how the terms 'mega' and 'nano' (or similar and related) can or should interfere with any discussion and practice of study and project on Built Cultural Assets. In this regard, we can start by saying that from the 'mega' of World Heritage or from the Heritage of individual countries, we naturally and inevitably pass to the 'nano' (so to speak) of the various sites and buildings included in them and that if they disappeared, in perspective, the World Heritage would no longer exist, or would be at least crippled by this loss. It is also true that, symmetrically or specularly (it depends on the point of view used or required), one necessarily passes from the single site or building of national and local heritages, intended as actual 'mega' realities, to the 'micro' dimensions (relatively speaking) of their constructive elements and components and, from them, to the 'nano' of the constitutive matter and the degradation phenomena that put their characteristics, specificities, meanings, duration and survival at risk.

If the built matter disappeared, basically, we would fully or partially lose the Cultural Asset and, hopefully, a copy, a clone, a replica could be produced which – as in 1903 Alois

Riegl (2017) already stated at the beginning of the 20th century – would only be a vague substitute for the existing one. If the Asset went lost, however, we could not even compare it with the copy that had been produced to appreciate its possible didactic and documentary roles. Therefore, there is the risk of simply and carelessly replacing existing buildings – albeit considered of cultural interest at 'mega' and universal level – with fake copies made at 'nano' and local levels, like many already existing examples in the world. For example, the bell tower of St Mark's in Las Vegas or, on a smaller scale, the one in Canada, the Eiffel Tower in China or in Dubai. These copies, of course, would not have deserved to be listed in the World Heritage Sites, but, maybe, they are its indirect and partly negative result.

At the same time, from the restoration intended as a 'mega' cultural and technical process, fostered by ever-changing trends, ideas and debates, we inevitably pass to the 'nano' level: to the ideas and technical, cultural and experimental opinions of the designer, the project and construction building site practices. From them one should always go back to the 'mega', constituted by the international debate that is fostered by them, in an infinite but virtuous circle which, hopefully, originates reflections, controls and possibly also changes of direction, seen the worrying drifts the fate of the Cultural Heritage of Humanity is taking. After all, at stake there are as always originality, authenticity, specificity and uniqueness of the Asset and of the larger ensemble it belongs to and represent, while not assuming these qualities are absolute, unambiguous and universally indisputable.

Thus, in different forms, another possible meaning of 'macro' or 'mega' phenomenon emerges, in this field, linked to the pure image of an artifact and to its sometimes superficial perception, as opposed to the inevitably also

'nano' essence of its constitutive matter (relatively speaking). This is for many exponents of the current debate on Cultural Heritage, and at least in principle, irreproducible and therefore irreplaceable, unless paying prices which, when they are truly inevitable, should still be clearly declared. The same holds true for the supposed and essential reasons of the replacement, with the consequent loss of the existing and historically stratified matter which mainly is the true repository of cultural values, sometimes even unknown, which we declare we want to protect and pass on to future generations.

## Note

1) The transnational serial site 'Venetian Works of Defence between the 16th and 17th Centuries: Stato da Terra – Western Stato da Mar' is made up of six components located in Italy, Croatia and Montenegro, spanning over more than 1,000 km between Lombardy and the eastern Adriatic Coast. To find out more see the website: [www.patrimoniomondiale.it/?p=5399](http://www.patrimoniomondiale.it/?p=5399) [Accessed 4 May 2020].

## References

- Argan, G. C. (1986), "Beni Culturali: ma di chi?", in *Insegnare*, anno II, n. 7-8, Luglio-Agosto 1986, pp. 7-9.
- Dizionario Treccani (2020a), *Mega*. [Online] Available at: [www.treccani.it/vocabolario/mega/](http://www.treccani.it/vocabolario/mega/) [Accessed 4 May 2020].
- Dizionario Treccani (2020b), *Nanno*. [Online] Available at: [www.treccani.it/vocabolario/ricerca/nanno/](http://www.treccani.it/vocabolario/ricerca/nanno/) [Accessed 4 May 2020].
- Dizionario Treccani (2020c), *Nano*. [Online] Available at: [www.treccani.it/vocabolario/nano/](http://www.treccani.it/vocabolario/nano/) [Accessed 4 May 2020].
- Ferraioli, M. (2018), *Al via il restyling di Buckingham Palace – 10 anni di lavori e 10.000 opere d'arte trasferite*. [Online] Available at: [www.arttribune.com/dal-mondo/2018/07/restyling-buckingham-palace-10-anni-lavori-10000-opere-arte-trasferite/](http://www.arttribune.com/dal-mondo/2018/07/restyling-buckingham-palace-10-anni-lavori-10000-opere-arte-trasferite/) [Accessed 4 May 2020].
- Morris, W. (1979, or. ed. 1881), *Hopes and Fears for Art*, Garland Publishing, New York.
- Musso, S. F. (2016), *Recupero e restauro degli edifici storici – Guida pratica al rilievo e alla diagnostica*, EPC, Roma.
- Musso, S. F. (2008), "Il 'de-gradus' in una scala di Escher", in Arcolao, C., *La diagnosi nel restauro architettonico – Tecniche, procedure, protocolli*, Marsilio, Venezia, pp. 113-120.
- Musso, S. F. (1995), *Architettura, segni e misure – Repertorio di tecniche analitiche*, Esculapio, Bologna.
- Riegel, A. (2017), *Il culto moderno dei monumenti – Il suo carattere e i suoi inizi* [or. ed. *Der moderne Denkmalkultus sein Wesen und seine Entstehung*, 1903], Abscondita, Milano.
- Ruskin, J. (1982), *Le sette lampade dell'architettura* [or. ed. *The seven lamps of architecture*, 1849], Jaca Book, Milano.
- Scamozzi, V. (1964, or. ed. 1615), *Dell'idea universale di architettura*, Gregg International Publisher Limited, Westmead (GB).
- Tzavellos, S., Pesce, G. L., Wu, Y., Henry, A., Robson, S. and Ball, R. J. (2019), "Effectiveness of Nanolime as a Stone Consolidant: A 4-Year Study of Six Common UK Limestones", in *Materials*, vol. 12, issue 17, paper 2673, pp. 1-17. [Online] Available at: [doi.org/10.3390/ma12172673](https://doi.org/10.3390/ma12172673) [Accessed 4 May 2020].
- UNESCO (2019), *Patrimonio Immateriale*. [Online] Available at: [www.unesco.it/it/ItaliaNellUnesco/Detail/189](http://www.unesco.it/it/ItaliaNellUnesco/Detail/189) [Accessed 4 May 2020].
- UNESCO (1972), *Convenzione riguardante la Protezione sul Piano Mondiale del Patrimonio Culturale e Naturale*. [Online] Available at: [unesco.beniculturali.it/pdf/ConvenzionePatrimonioMondiale1972-ITA.pdf](http://unesco.beniculturali.it/pdf/ConvenzionePatrimonioMondiale1972-ITA.pdf) [Accessed 4 May 2020].

## IL TERRITORIO NELL'ARCHITETTURA

Grande scala e agricoltura  
nell'architettura italiana, 1966-1978

## THE TERRITORY INTO ARCHITECTURE

Big scale and agriculture  
in Italian Architecture, 1966-1978

Zeila Tesoriere

### ABSTRACT

Un'inedita interscalarità lega l'architettura italiana al territorio fra il 1966 e il 1978. Due filoni principali, l'uno riferito a Vittorio Gregotti e Aldo Rossi, l'altro alle Avanguardie Radicali, si mostrano come fondamenti teorici di alcuni orientamenti contemporanei della disciplina. L'insegnamento del territorio sulle modalità di relazione fra i fatti formali e il ruolo autonomo dell'architettura nella città storizzata, visto in rapporto ai progetti per immagini delle Architetture Radicali e al ruolo che vi assume l'agricoltura, mostra che la transcalarità è qui inscindibile dalla transdisciplinarità. Quelle opere, distillando il gesto formale per riattivare relazioni a grande scala e in un tempo diacronico, oppongono l'architettura all'artificialità della città delle merci alla conquista di ogni terra emersa, utilizzando il collage in una poetica per frammenti e componendo progetti come scenari, fanno riecheggiare il loro insegnamento nella nostra stagione.

An unprecedented inter-scalarity links Italian Architecture to the notion of territory between 1966 and 1978. Two main strands are shown as theoretical foundations of some contemporary orientations of the discipline. The first refers to Vittorio Gregotti and Aldo Rossi, the second to the Radical Avant-garde. The teaching of the territory concerning the modalities of relationship between formal facts and the autonomous role of architecture in the historical city, seen in parallel with the fictional projects of the Radical Architecture and the role that agriculture plays there, shows that transscalarity is here inseparable from trans-disciplinarity. Those works, distilling the formal gesture to reactivate large-scale relationships in a diachronic time, by opposing architecture to the artificiality of the consumerist city on its way to conquest every land, using the collage in a poetics for fragments, and composing projects as scenarios, still echo in our season.

### KEYWORDS

Vittorio Gregotti, Aldo Rossi, Archizoom, Superstudio, 9999

Vittorio Gregotti, Aldo Rossi, Archizoom, Superstudio, 9999

**Zeila Tesoriere**, Architect and PhD, is an Associate Professor with tenure in Architecture at the University of Palermo (Italy), where she directs the Research Unit InFRA Lab. She is a Member and Founding Partner of LIAT (ENSA Paris-Malaquais). Ongoing research explores architectural design as cultural and situated production, within a framework marked by energy transition, sustainability issues, deindustrialization, circular economies. Mob. +39 329/12.48.439. E-mail: zeila.tesoriere@unipa.it

Un'inedita dimensione interscalare ha legato nuovamente l'architettura italiana al territorio a partire dagli anni Sessanta del Novecento. Oggi è condizione acquisita che il progetto possa indurre trasformazioni in un ampio raggio, o esprimersi coinvolgendo materie di discipline contigue ma esterne all'architettura. Quest'articolo rievoca l'intervallo temporale in cui il progetto in Italia rivendicò per la prima volta tali nuove connotazioni, fra il 1966 e il 1978. L'obiettivo più ampio è contribuire a una genealogia del progetto che rileggia il presente attraverso la storia recente. In termini più circoscritti, la rievocazione del quadro mostra che la flessibilità di estensione di buona parte dell'orientamento contemporaneo della disciplina ha un fondamento teorico articolato, in cui è stata un'innovativa transdisciplinarietà a configurare la nuova transcalarità della concezione, attraverso un'accezione rinnovata del progetto.

Il Novecento, secolo degli specialismi, durante il Movimento Moderno ha visto prevalere la separazione delle scale di pertinenza per ciascuna branca del progetto. Durante i primi trent'anni del secolo, l'architettura, il design e l'urbanistica hanno ripartito le rispettive estensioni di un pensiero compositivo che nei secoli precedenti, non solo non aveva mai riconosciuto la dimensione come discriminante, ma si era sempre prodotto in modo sintetico rispetto a quelle che oggi sono discipline separate.

In architettura, il superamento delle posizioni moderniste si è compiuto attraverso l'autorizzazione a operare di nuovo su una varietà di scale e a riconoscere nel territorio insegnamenti che alimentano le ragioni del progetto. Questo interesse rinnovato per la grande estensione in riferimento all'esperienza italiana è da ricondurre a un quadro composito, che l'articolo ricostruirà in parte, attraverso il riferimento a due dei suoi filoni principali. Il primo si confronta al territorio come stimolo gnoseologico e sarà colto attraverso l'avanzamento di metodo determinato da Vittorio Gregotti e Aldo Rossi alla metà degli anni Sessanta. Il secondo, contemporaneo e parallelo, sarà letto in rapporto alle Avanguardie Radicali che elaborarono i propri progetti per immagini attraverso un nuovo riferimento al territorio e in particolare all'agricoltura.

**La concezione interscalare della forma architettonica** | La conquista del territorio come campo d'azione rinvia in primo luogo alle opere teoriche e progettuali di Vittorio Gregotti e Aldo Rossi. La centralità dei due protagonisti non richiede certo precisazioni ulteriori. Si vuole qui però ricordare il loro rapporto costitutivo con la geografia umana o la storia urbana. Il primo passo è compiuto in questo senso da Vittorio Gregotti, quando nel 1965, come redattore unico, elaborò il doppio numero 87-88 della rivista Edilizia Moderna<sup>1</sup> (EM) intitolato *La Forma del Territorio* (Gregotti, 1965). Trascorsi gli anni della polemica sollevata da Reyner Banham (1959), che qualificava il Neoliberty come scelta progettuale di retroguardia, un paravento dietro il quale, in un mondo del tutto trasformato, i più brillanti delle nuove generazioni avrebbero celato la ritirata dal confronto disciplinare con il lascito del Razionalismo italiano, Gregotti aveva

radicalmente virato il suo atteggiamento culturale. Parallelamente a una trasformazione della sua opera progettata, l'elaborazione teorica centra i nuovi temi e metodologie, corrispondenti ai propri tempi. La vicinanza con Umberto Eco e l'ambiente della rivista torinese *Il Verri* (per la quale Gregotti curava la rubrica di Architettura), ampliava ulteriormente il contesto di assoluta rilevanza con cui Gregotti era in contatto attraverso Casabella, rendendolo il primo ad attuare una rifondazione del sapere disciplinare di cui EM sarà incubatrice.

Seguendo il progetto di impaginazione di Michele Provinciali, un unico articolo di Gregotti percorreva l'intero volume di ogni monografico, interrotto da saggi di altri campi disciplinari<sup>2</sup> e in contrappunto a grandi fotografie in bianco e nero, libere fra le pagine, con didascalie che ne facevano un 'metatesto' a parte (Fig. 1). L'argomento de *La Forma del Territorio* è «[...] fondare una tecnologia formale del paesaggio antropogeografico» (Battisti and Crotti, 1965, p. 53) cioè considerare il lavoro degli architetti relativo ai problemi ambientali e a tutte le scale dimensionali, aprendo l'architettura alla geografia umana, all'antropologia, agli studi urbani e sociologici, che sono ampiamente rappresentati nel numero. Numerose fotografie aeree riprendono dall'alto le formazioni geologiche, i deserti, a confronto con i campi arati, le valli con le loro dighe, i terrazzamenti per la coltivazione intensiva del riso in Oriente. Questa comparazione mostra che «[...] di fronte alla preponderante presenza di natura è più facile leggere la misura dell'efficienza del gesto dell'uomo sulla terra. Il primo modo di intervenire sull'ambiente è coinciso con l'opportunità di operarlo per spostamenti minimi» (Gregotti, 1965, p. 49).

Osservare gli elementi del territorio da un punto di vista architettonico pone quindi in modo del tutto nuovo il concetto della 'forma' in architettura. L'ingrandimento di scala, l'allontanamento da ciò che si osserva, determina uno sguardo che perde in dettaglio, ma che acquista in relazione. La 'forma' non è più l'aspetto percepibile dell'opera, ma un problema strutturale, che ha a che fare con l'aspetto delle relazioni fra le parti di un sistema. La 'forma' del territorio osservata attraverso le fotografie aeree mostra che il criterio interpretativo non varia se le trasformazioni sono state operate dalla natura o dall'uomo: ove esse istituiscono insiemi formali descrivibili, si può riconoscere la presenza del progetto. Ciò estende ciò che qualifica il rapporto fra l'architettura e il suo contesto al di là della relazione fra l'edificio e il suo intorno, e orienta il progetto a determinare principi insediativi, di per sé 'transcalarì' (Fig. 2). Nel campo disciplinare così ricodificato, il progetto abbandona l'architettura dell'oggetto, per andare verso una poetica fatta di relazioni fra gli elementi.

L'anno successivo, *Il Territorio dell'Architettura* (Gregotti, 1966) condensò alcune posizioni di cui EM era stata incubatrice. Il volume è articolato in quattro parti, che indagano i rapporti fra l'oggetto architettonico e il suo intorno attraverso diversi sistemi del sapere: gli elementi del rinnovato campo disciplinare (I Materiali dell'Architettura); la geografia (*La Forma del Territorio*, titolo direttamente importato dal citato numero

di EM); la storia (Architettura e Storia); il tipo (Tipo, Uso, Significato). Nel complesso, è il concetto di forma a venire completamente ridefinito. È la conquista della grande dimensione con il recupero della scala territoriale, che l'architettura aveva perso dalle infrastrutture della Roma imperiale in poi, a riformularne il senso (Fig. 3). Le relazioni fra i molti elementi che determinano la forma (il sito, le preesistenze, il programma poetico, la funzione, ecc.) si coordinano in una struttura orientata aperta rispetto a un campo di possibilità, al cui interno assumono un aspetto architettonico fisso (attraverso scelte di fondo come la posizione, la densità, i tracciati, la geometria, la misura, ecc.) e in questo processo consiste il progetto.

**Architettura di valori urbani** | Il forte colpo vibrato da Banham nel 1959, pur argomentando circa le opere di Gregotti e quelle di altri architetti, era esplicitamente una risposta all'articolo di Aldo Rossi (1959) dal titolo *Il Passato e il Presente nella Nuova Architettura*, comparso su Casabella Continuità. Come in altri scritti<sup>3</sup> e secondo la linea della Rivista in quegli anni, Rossi difendeva una tendenza che, rifiutando la casa come macchina per abitare, esprimeva un'idea tradizionale di domesticità, congruente con i valori dell'alta borghesia lombarda, che egli reputava invariati fra l'inizio del Novecento e gli anni del Neoliberty. Nel suo attacco, Banham accusò Rossi di una nostalgica infondatezza, ma soprattutto del disconoscimento dei valori di modernità che già il Futurismo all'inizio del Novecento aveva usato per un rinnovamento delle arti italiane come materia del nuovo secolo.

L'impegno di Rossi dopo la lunga polemica accrebbe l'interesse per gli elementi tradizionali dell'architettura, rinvenuti a una scala urbana, interessandosi all'origine della loro determinazione formale e alle loro resistenza e trasformazione nel tempo. Rossi si interessò al metodo di Marcel Poëte<sup>4</sup> (Poëte, 1929; Calabi, 1997), influenzato dalla filosofia di Henri Bergson e dall'approccio degli Annales di Henri Pirenne. Nel lungo sodalizio con Carlo Aymonino, queste influenze condussero alla formazione di un metodo nuovo e peculiare. Applicato alle numerose ricerche condotte in Lombardia, in Veneto e nelle regioni contigue negli anni di attività presso lo IUAV, presentate ancora su Casabella Continuità n. 288 del 1964, il metodo venne indicato da Rossi come 'morfologia storica e comparata' (Rossi, 1964, 2012). Anche in questo caso, l'osservazione dell'architettura nella città conduce alle modalità di relazione delle componenti del progetto (Fig. 4).

In Rossi, l'ampliamento di scala unisce all'estensione transdisciplinare un approfondimento nel tempo storico. L'ascendenza di Poëte è chiara anche nella terminologia. L'architettura come 'fatto' (manufatto e artefatto) urbano va inserita nel contesto che le compete, a partire dalla comprensione del suo sistema morfologico (ancora la relazione significante fra le forme) colto dall'origine nel tempo. Il divenire delle forme e la storia geo-sociale s'incontrano e mentre l'architettura aumenta la sua scala di indagine e azione, il passato entra di diritto a far parte delle estensioni su cui si proietta (letteralmente)

il progetto. L'autonomia della forma architettonica diventa un obiettivo teorico a priori, che il progetto deve introdurre come nuovo agente di trasformazione nella città intesa come luogo del divenire storico (Fig. 5).

Le figure interpretative e operative che Rossi elabora in queste ricerche saranno poi presentate nella sua opera più nota del 1966, *L'Architettura della Città* (Rossi, 2011), che egli pubblica appena trentenne nello stesso anno in cui Gregotti pubblica la propria. Riprendendo, fra le altre, l'opera del geografo Georges Chabot e la sua nozione di paesaggio urbano, ne *L'Architettura della Città*, Rossi delinea due diversi approcci: quello che studia il paesaggio urbano attraverso i sistemi economici, politici, sociali che lo hanno generato (caratteristico delle scienze economico-sociali); l'altro, che considera la città come struttura spaziale, a partire dalla sua 'forma', ritenuto il più

valido per l'architettura. In questi pochi anni, l'opera di Gregotti e Rossi rinnova in maniera profonda e definitiva la figura dell'architetto, rendendo la riflessione teorico-critica parte integrante del progetto. Esteso attraverso la Scuola, valicando poi i confini nazionali, questo approccio è ancora oggi una delle più peculiari attitudini italiane al progetto di architettura.

**L'architettura come condizione** | A distanza di soli cinque anni, un altro fronte elaborava ipotesi di profondo rinnovamento interscalare del progetto e del suo valore come strumento di conoscenza. Radicato in Toscana, quest'altro sguardo viene costruito dalle avanguardie radicali, principalmente da Archizoom Associati<sup>5</sup>, Superstudio<sup>6</sup>, Studio 99997. La posizione di partenza di questo secondo filone non è gravata dalle stesse responsabilità ideologiche verso la tradizione italiana elaborate nella redazione di Casabella Continuità. La direzione per superare il Movimento Moderno, comune a quella di altri protagonisti europei, è un interesse rinnovato per l'uomo, inteso come origine di un'architettura situata nella sua comunità e nel suo contesto socio-economico. L'elemento politico è l'impatto dei nuovi modi di produzione e consumo sull'architettura, colto attraverso i processi di trasformazione accelerata dei territori. L'automazione industriale su larga scala e il linguaggio pubblicitario vengono messi in relazione all'urbanizzazione che conquista nuove estensioni e alle mutazioni infrastrutturali.

In questo nuovo paesaggio, l'architettura cerca un elemento tramite fra la realtà concreta e l'uomo, e lo trova nell'agricoltura. Progettata in relazione diretta all'esistente, alimentata tanto da caratteri antropogeografici quanto dai nuovi tratti del capitalismo internazionale, questa architettura riconosce nell'agricoltura l'atto fondativo di ogni civiltà. Affermando la stanzialità sul nomadismo, l'agricoltura ha originato l'architettura e presagito la città. È uno dei modi di antropizzazione arcaici e fondatori della grande scala, come le fotografie di EM avevano dimostrato. A distanza di qualche anno, infatti, Archizoom in particolare usò proprio le fotografie aeree de *La Forma del Territorio* come base per alcune immagini di No-Stop City (Rouillard, 2004). L'agricoltura intensiva che prende possesso delle vallate del Montana viene trasformata in Quartieri Omogenei e anche la fotografia aerea di Central Park pubblicata nel 1965 da Gregotti viene usata come base per il collage in cui, in consonanza con Quartiere Monomorfo in Pianura – Roof Garden, la No-Stop City colonizza Manhattan trasferendo il Central Park sul tetto di un enorme edificio (Fig. 6).

Il suolo si può riprodurre, come ogni altro bene di consumo, e non c'è più differenza formale fra una struttura industriale, un tessuto di abitazioni e un settore di agricoltura intensiva. No-Stop City è un progetto teorico per immagini che viene pubblicato per la prima volta nel 1970 su Casabella, allora diretta da Alessandro Mendini, che permettendone la pubblicazione sulla rivista compirà la legittimazione disciplinare dell'Architettura Radicale italiana (Archizoom Associati, 1970). È un'architettura che non è più disponibile a incarnare alcuna utopia sociale. Il futuro del mondo reale per la prima

volta sembra poter fare a meno di forma, linguaggio, spazio, semantica, misura, proporzione. La pressione del consumismo modifica i codici socio-culturali e produce un'estensione potenzialmente infinita di edilizia generica, fatta di contenitori, supermercati, grandi spazi infrastrutturali senza più edifici di interfaccia: un mondo senza architettura, regressivo, negativo.

È questo il significato dell'aggettivo 'monomorfo' che accompagna ogni didascalia di No-Stop City. La presenza del reale opprime l'architettura, la fa sprofondare nel sottosuolo e la riduce ad un catalogo di luoghi neutri, impilati gli uni sugli altri ed attrezzati per il consumo. Apparentare la produzione della città contemporanea a quella del suo suolo prefigura, nell'immagine della città che non si ferma, l'avanzata del costruito che erode le campagne antropizzate dall'agricoltura (Fig. 7). Se ogni attività dell'uomo rinvia al consumo, il luogo ideale dell'abitare sarà uno scenario che sfugga alla continua ingiunzione delle merci.

Il bosco residenziale si contrappone al 'paesaggio interno' nella catasti dei diagrammi abitativi omogenei in cui si articola la No-Stop City. Oltre alle radure ammobiliate – in alcuni esempi solcate dall'acqua – e ai WC che si dispongono alternati, diffusi e ortogonali, nessun altro elemento articola questo alienato spazio dell'abitare, al tempo stesso naturale e climatizzato, senza limiti e ipogeo (Fig. 8). L'idea del futuro come distopia fa di queste architetture delle ricerche di denuncia socio-economica in cui ogni opposizione si annulla: fra naturale e artificiale, fra archetipico e antropico, fra pubblico e privato, nel segno della più ampia rivoluzione dei costumi vissuta al passaggio del 1968.

Si afferma anche in questo filone l'idea di un'autonomia dell'architettura. Se per Aldo Rossi il termine significa la prevalenza dei puri valori architettonici del progetto sugli aspetti contingenti della realtà storicizzata, per le architetture radicali il termine è simbolo di un'idea autarchica in cui la cultura materiale delle classi subalterne è capace di produrre le forme della realtà in cui vive senza condizionamenti del mercato (Aureli, 2016). Quest'architettura si elabora in un rapporto costante e diretto con il mondo circostante che cambia velocemente<sup>8</sup>, in cui l'immaginario viene galvanizzato dalla praticabilità reale dell'autarchia dei contesti. Le prime ipotesi di insediamenti autoproduttivi della NASA<sup>9</sup> (Lopez, 2014) vengono recepite come idea tecnologica avanzata di cultura materiale e contribuiscono a un nuovo orizzonte in cui l'architettura rende autosufficiente il luogo in cui si vive, producendo la propria energia, il proprio clima, il proprio sostentamento, il proprio intrattenimento. In questa matrice si elabora un contreden per immagini, in cui l'agricoltura ha un ruolo simbolico e letterale di rilievo.

L'Architettura Riflessa, opera di Superstudio del 1970, specchia un paesaggio agrario compresso sull'intradosso dell'enorme aggetto della copertura di un eventuale edificio, fuori quadro, circondato da campi arati. Il fotomontaggio farà la copertina del n. 363 di Casabella (Fig. 9), numero in cui il direttore Mendini lascerà la parola ad Andrea Branzi che, con l'articolo *La Gioconda Sbarbata – Il Ruolo dell'A-*

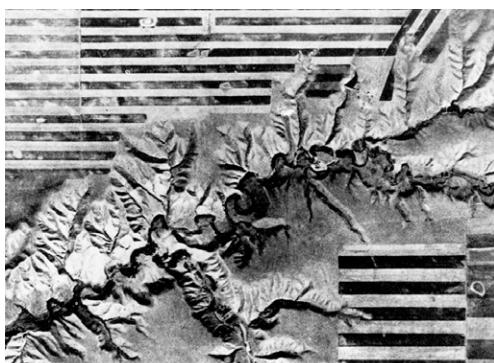


Fig. 1 | Intensive agriculture exploitation in Montana: aerial view (source: Edilizia Moderna, n. 87-88, 1966).

Figg. 2, 3 | Vittorio Gregotti (with Emilio Battisti, Hiromichi Matsui, Pierluigi Nicolin, Franco Purini, Carlo Rusconi Clerici, Bruno Viganò), Università delle Calabrie (1972): settlement principle, photomontage; plan.



Fig. 4 | Aldo Rossi (with Giorgio Grassi), competition entry for a residential neighbourhood in San Rocco, Monza, 1966.

Fig. 5 | Aldo Rossi, 'Residential unit at Monte Amiata', Gallaratese housing 2 (1969-1970) and, in the background, the Housing Complex by Carlo Aymonino (credit: B. Hildrim).



vanguardia, costituisce uno dei molti contributi teorici della contrapposizione di valori fra le Avanguardie Radicali e la Tendenza<sup>10</sup>. La Prima Città – Città 2000 Tonnellate (Fig. 10), progetto di Superstudio del 1971, origina da dodici racconti di Gian Piero Frassinelli illustrati da fotomontaggi. Un soffitto da 2.000 tonnellate grava su un mondo lívido, in cui un'architettura consunta incasella le colline verdeggianti con lamelle che squadrano lo spazio ogni trenta metri. Sono 'operette morali' allucinate, che rinunciano a ogni speculazione predittiva per esasperare alcuni aspetti della realtà sino a farne un progetto per sineddoche, dove una parte dell'esistente diventa il tutto.

Nel 1973 Superstudio avvia il progetto di ricerca Cultura Materiale Extraurbana, che si concluderà nel 1978. Esso si sviluppa nei corsi di Plastica Ornamentale che Adolfo Natalini svolgerà da quell'anno alla Facoltà di Architettura di Firenze<sup>11</sup>, in contatto con gli amministratori locali e gli agricoltori, e origina dal riconoscimento della società agricola come contesto antecedente al processo di alienazione dell'individuo urbanizzato. Il rilievo degli oggetti e delle forme costruite dalle società contadine svela la crisi delle architetture rurali tradizionali – abbandonate per la migrazione verso le città e trasformate in insediamenti turistici – e delle loro forme territoriali, soppiantate da monoculture intensive.

Nelle installazioni La Moglie di Lot e La Coscienza di Zeno, con cui Superstudio partecipa alla Biennale di Venezia del 1978<sup>12</sup>, le fotografie dell'agricoltore Zeno Fiaschi al lavoro e il rilievo dei suoi oggetti ed edifici precisano il ruolo di un'architettura spontanea che coincide con i comportamenti in un discorso al limite sulle capacità del progetto come mezzo critico. È un contributo da leggere parallelamente alle dimostrazioni per assurso delle altre opere di Superstudio, in cui il Monumento Continuo, le Dodici Città Ideali, gli Atti Fondamentali forniscono un'ulteriore versione (come No-Stop City) dell'idea di urbanizzazione totale come acme di un mondo parossistico che, rendendo inutile l'atto creativo al di fuori della produzione

delle merci, condanna l'architettura ad essere anti-architettura.

Nel 1972, il gruppo 9999 è invitato da Emilio Ambasz alla mostra Italy – The New Domestic Landscape – Achievements and Problems of Italian Design, al MoMA di New York (Ambasz, 1972). Pur dedicata al design come produzione architettonica italiana di eccellenza, la sezione Environments darà grande risalto alle opere dei Radicali italiani, così definitivamente identificati dal saggio di Germano Celant (1972) pubblicato sul catalogo. Il gruppo 9999 vincerà il premio per i giovani designers con il progetto The Vegetable Garden House (Fig. 11). Un talamo ad aria viene sospinto da getti continui sopra una vasca d'acqua che alimenta l'orto circostante, all'interno della stanza da letto. Accompagnato da un brano delle Georgiche di Virgilio, il progetto viene presentato come un dispositivo di eco-sopravvivenza formato da elementi semplici (un giardino, l'acqua, il letto ad aria).

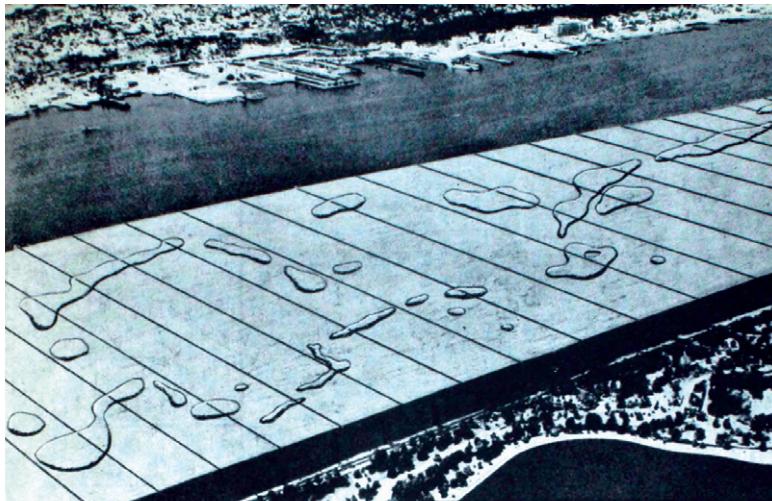
Le opere di 9999 vanno riferite più ampiamente a un contesto internazionale in cui anche altri gruppi (di orientamento ecologista come Street Farm a Londra o Anti-Farm negli USA) si riferiscono alla campagna agricola come arcaidia pre-industriale, da opporre in termini di conflitto ideologico alla città che avanza. Il progetto di concorso di 9999 per l'Università di Firenze, nel 1971, propone una foresta tecnologica di sequoie che riconquista la città, rovina apocalittica in cui l'architettura, miniaturizzata e diffusa grazie ai nuovi media – allora – elettronici, attiva la rinascita. Nello stesso anno, Il Salvataggio di Venezia mostra la laguna interrata con armenti al pascolo (Fig. 12). L'architettura coordina, dispone, riattiva, mitiga, in un'integrazione indispensabile fra fatto costruito, evento, infrastruttura, per contesti che hanno esaurito ogni loro residuo potenziale formale.

**Architettura pioniera e tutrice ultima della natura** | Il rapporto con il territorio e la storia urbana stabilito dall'opera di Gregotti e Rossi distilla le forme, che vengono restituite al territorio in gesti antropici colonizzatori o come ele-

menti analoghi della memoria collettiva. L'edificio acquisisce valore universale e proietta il suo ruolo dalla propria piccola scala a quella grande della geografia o dal tempo presente a una diaconicità continua. Operando la trasformazione dei territori in luoghi, del tempo in storia, delle attività collettive in memoria, l'architettura trova nella transcalarità l'aggancio a un nuovo campo e un nuovo tempo del progetto. La manipolazione parossistica che i radicali operano sui significati di forme e dispositivi esistenti – senza più progettarne la trasformazione o la sostituzione – riduce invece l'architettura all'allestimento di interni nello stesso momento in cui la rende lo strumento interpretativo di elezione del reale e del suo futuro.

Oscillando fra ultime utopie, atrofie negative ed euforie pop, l'agricoltura dell'architettura degli anni Sessanta e Settanta è in genere parte di una visione metaforica. Non trasforma il vegetale in materia per nuovi impianti (come hanno fatto il boulevard, il giardino pubblico, il parco) ma anticipa l'avvento dello spazio abitato sul territorio coltivato, mostrando che ogni azione trasformatrice può agire su tutto l'ambiente circostante, incluso il clima e gli agenti atmosferici.

L'ulteriore ampliamento di scala di progetti recenti, come Agronica (1995) 'modello di agricoltura simbiotica' elaborato con la Domus Academy nel 1995 per la Philips Corporation, in cui Andrea Branzi introduce il livello micro-scalare del controllo remoto dei supporti tecnici alla nuova agricoltura urbana, mostra l'evoluzione contemporanea di quel pensiero. Una visione simile ha sostenuto la progressiva incorporazione degli orti urbani ai progetti di giardino e paesaggio, lo sviluppo dell'urban farming e delle fattorie verticali, in cui l'integrazione delle colture idroponiche con il controllo domotico fornisce le basi concrete per sperimentare un'ulteriore estensione dell'idea di natura urbana. Nell'attribuzione al progetto di capacità di prefigurazione degli assetti formali, di protezione della biodiversità e di impulso alle attività produttive, riecheggia il sedimento delle posizioni teoriche che davano al progetto



**NO-STOP CITY**  
**RESIDENTIAL PARKINGS**  
CLIMATIC UNIVERSAL SISTEM  
by archizoom associates

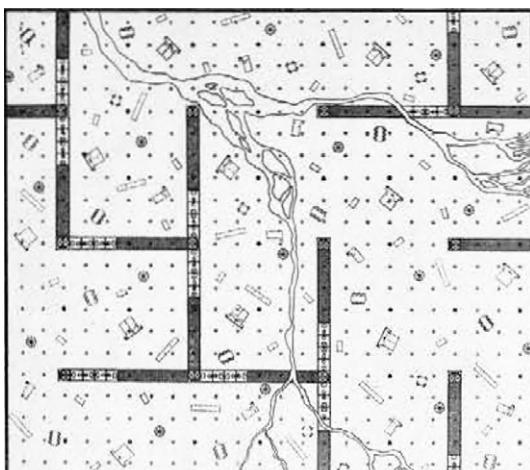
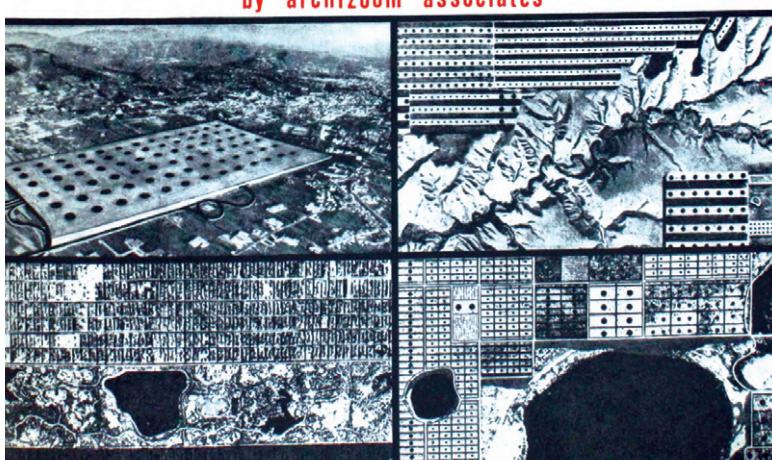


Fig. 6 | Archizoom Associati, 'No-Stop City – Residential Parkings – Climatic Universal System' (source: Domus, n. 496, 1971).

Fig. 7 | Archizoom Associati, 'Quartiere monomorfo in pianura o Roof Garden' (credit: Studio Branzi).

Fig. 8 | Archizoom Associati, 'No-Stop City – Residential Wood', 1971.

la capacità di attivare potenzialità ancora esprimibili in sistemi formali omogenei, al di là dei rapporti geometrici letterali di piccolo e grande, vicino e lontano.

Countryside – The Future, esposizione sui territori agricoli non urbani che Rem Koolhaas ha preparato per anni con OMA, AMO e Samir Bantal, oggi in mostra al MoMA di New York (Figg. 13-15), è stata presentata dall'autore specificando che essa non ha niente a che vedere con l'architettura, ma con le società, l'antropologia e la politica<sup>13</sup>. È la più importante, ma non l'unica, fra le molte esposizioni che l'architettura dedica oggi all'agricoltura. Il Master Architecture & Expérience e Sébastien Marot hanno progettato la mostra Taking the Country's Side, su incarico della V Triennale di architettura di Lisbona e dell'EPFL<sup>14</sup>. Nel 2018 il Pavillon de l'Arsenal ha prodotto Capital Agricole – Chantiers pour une Ville Cultivée, esposizione progettata dal gruppo SOA, che al tema dedica una parte considerevole delle sue esperienze progettuali.

Sono trascorsi più di quarant'anni dal pro-

getto Exodus o i Prigionieri Volontari dell'Architettura, con cui Koolhaas (con Elia Zenghelis) vinse nel 1972 il concorso lanciato da Casabella su La Città come Ambiente Significante. Il progetto permise a Koolhaas, appena laureato all'Architectural Association di Londra, di comparire fra gli architetti radicali nell'opera eponima di Paola Navone e Bruno Orlandoni (1974), con un'analogia di approccio che continua ancora oggi.

L'intenzione contemporanea di un'architettura resiliente, che progetta le condizioni di coesistenza dell'uomo e delle altre specie attraverso la distribuzione anche discontinua delle forme del progetto su grandi estensioni, mostra una sintesi dei due orientamenti evocati. Le opere di quegli anni, che distillavano il gesto formale capace di riattivare relazioni a grande scala e in un tempo diacronico, che all'ineluttabile artificialità della città delle merci alla conquista di ogni terra emersa opponevano solo l'architettura, produttrice e tutrice ultima della natura, utilizzando il collage in una poetica per frammenti e componendo progetti come sce-

nari, fanno riecheggiare insieme il loro insegnamento nella nostra stagione.

An unprecedented inter-scalar dimension has linked Italian architecture to the territory since the 1960s. Today it is an acquired condition that the project can induce transformations in a wide range, or express itself by involving subjects from disciplines that are contiguous but external to architecture. This article recalls the period in which the project in Italy claimed these new connotations for the first time, between 1966 and 1978. The broader objective is to contribute to a genealogy of the project that re-reads the present through recent history. Furthermore, the argument shows that the scaling flexibility today own by a large part of practice and theory in our field is grounded in a strong theoretical foundation. That new transscalar approach has been supplied by a transdisciplinarity frame, through a renewed meaning of the design in architecture.

During the twentieth century, which has been the century of specialism, the Modern Movement affirmed the separation of the pertinent scales prevailing for each design branch. During the first thirty years of the century, architecture, design, and town planning set how to address the range of the design discourse by size, even if in previous centuries not only our discipline had never recognized the dimension as discriminating, but had always been produced synthetically compared to what are now separate fields.

In architecture, the overcoming of modernist positions was accomplished operating again on a variety of scales and recognizing in the territory some teachings able to provide instructions to construct a new idea into architecture. This renewed interest in a middle-size approach within the Italian practice can be traced back to a composite frame, which the article will reconstruct in part, through the reference to two of its main strands. The first addresses the territory as a gnosiological stimulus and will be focused through the methodology renewal due by Vittorio Gregotti and Aldo Rossi in the mid-sixties. The second, contemporary and parallel, will be focused concerning the Radical Avant-gardes who developed their discourse through a new reference to the territory taking agriculture into a particular account.

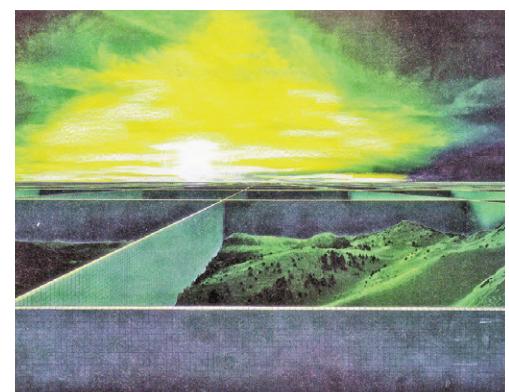
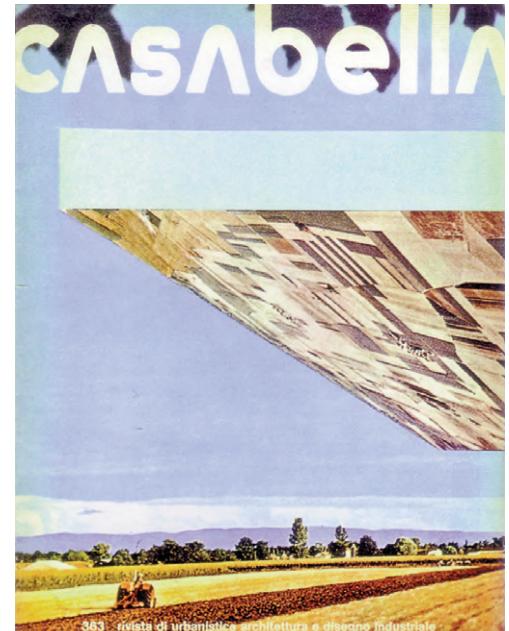
**The inter-scalar conception of the architectural form** | The conquest of the territory as a disciplinary field for the architectural design leads primarily to the theoretical and design insights of Vittorio Gregotti and Aldo Rossi. The centrality of the two protagonists certainly does not require further clarification. Here, however, we want to recall their constitutive relationship with urban history or human geography. The first step is taken in this sense by Vittorio Gregotti, when in 1965, as sole Editor, he elaborated the double number 87-88 of the Edilizia Moderna<sup>1</sup> (EM) Magazine, entitled *La Forma del Territorio* (Gregotti, 1965). After the years of the controversy raised by Reyner Banham (1959), who qualified Neoliberty as a retreat design choice – a screen behind which, instead of engaging the new challenges of a completely transformed world, the brightest of the new generations would have concealed the withdrawal of the legacy of Italian Rationalism – Gregotti had radically changed his cultural attitude. Parallel to a transformation of his design approach, the theoretical elaboration centred on new themes and methodologies, corresponding to his own times. The proximity to Umberto Eco and the environment of the Turin Magazine *Il Verri* (for which Gregotti edited the Architecture column), further widened the context of absolute relevance with which Gregotti was in contact through Casabella and made him the first to implement a re-foundation of the disciplinary knowledge of which EM will be an incubator.

Following Michele Provinciali's layout project, a single article by Gregotti run over each entire monographic volume, which is punctuated by essays from other disciplinary fields<sup>2</sup>, balanced by large, black and white photographs, free between pages, with captions that they

made a separate 'metatext' (Fig. 1). The argument of *La Forma del Territorio* is to found a formal technology of the anthropogeographic landscape (Battisti and Crotti, 1965), that is to consider the architects' work related to environmental problems and to all dimensional scales, opening the architecture to human geography, anthropology, urban and sociological studies, which are widely represented in the issue. Numerous aerial photographs take up the geological formations from above, the deserts, compared with the ploughed fields, the valleys with their dams, the terraces for the intensive cultivation of rice in the East. This comparison shows that faced with the overwhelming presence of nature, it is easier to read the measure of the efficiency of man's gesture on earth. The first way of intervening on the environment coincided with the opportunity to operate it for minimal movements (Gregotti, 1965).

Observing the elements of the territory from an architectural point of view, therefore, frames the concept of 'form' in architecture in a completely new way. The enlargement of scale, the departure from what is observed, determines a gaze that loses in detail, but that acquires in relation. The 'form' is no longer the perceptible aspect of the work, but a structural problem, which has to do with the aspect of relations between the parts of a system. The 'shape' of the territory observed through aerial photographs shows that the interpretative criterion does not vary if the transformations have been carried out by nature or by man: where they establish descriptive formal sets, the presence of the project can be recognized. This extends what qualifies the relationship between architecture and its context beyond the relationship between the building and its surroundings, and directs the project to determine settlement principles, which are 'trans-scalars' in themselves (Fig. 2). Within a disciplinary field thus recoded, the project abandons the architecture of the object, to go towards a poetics made of relationships between the elements.

The following year, *Il Territorio dell'Architettura* (Gregotti, 1966) condensed some positions of which EM had been an incubator. The volume is divided into four parts, which investigate the relationships between the architectural object and its surroundings through different systems of knowledge: the elements of the renewed disciplinary field (Materials for Architecture); geography (The Shape of the Territory – title directly imported from the aforementioned issue of EM); history (Architecture and History); and type (Type, Use, Meaning). Overall, it is the concept of form that is being completely redefined. It is the control of the great scale with the recovery of the territorial size, which architecture had lost from the infrastructures of imperial Rome onwards, to reformulate its meaning (Fig. 3). The relationships between the many elements that determine the form (the site, the pre-existences, the poetic program, the function, etc.) are coordinated in a structure-oriented towards a field of possibilities, within which they assume a fixed functional aspect (through the basic choices such as position, density, paths, ge-



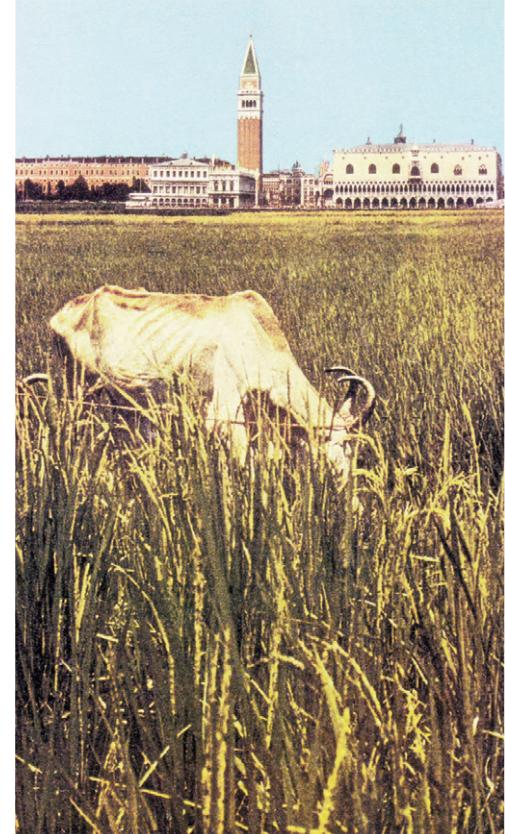
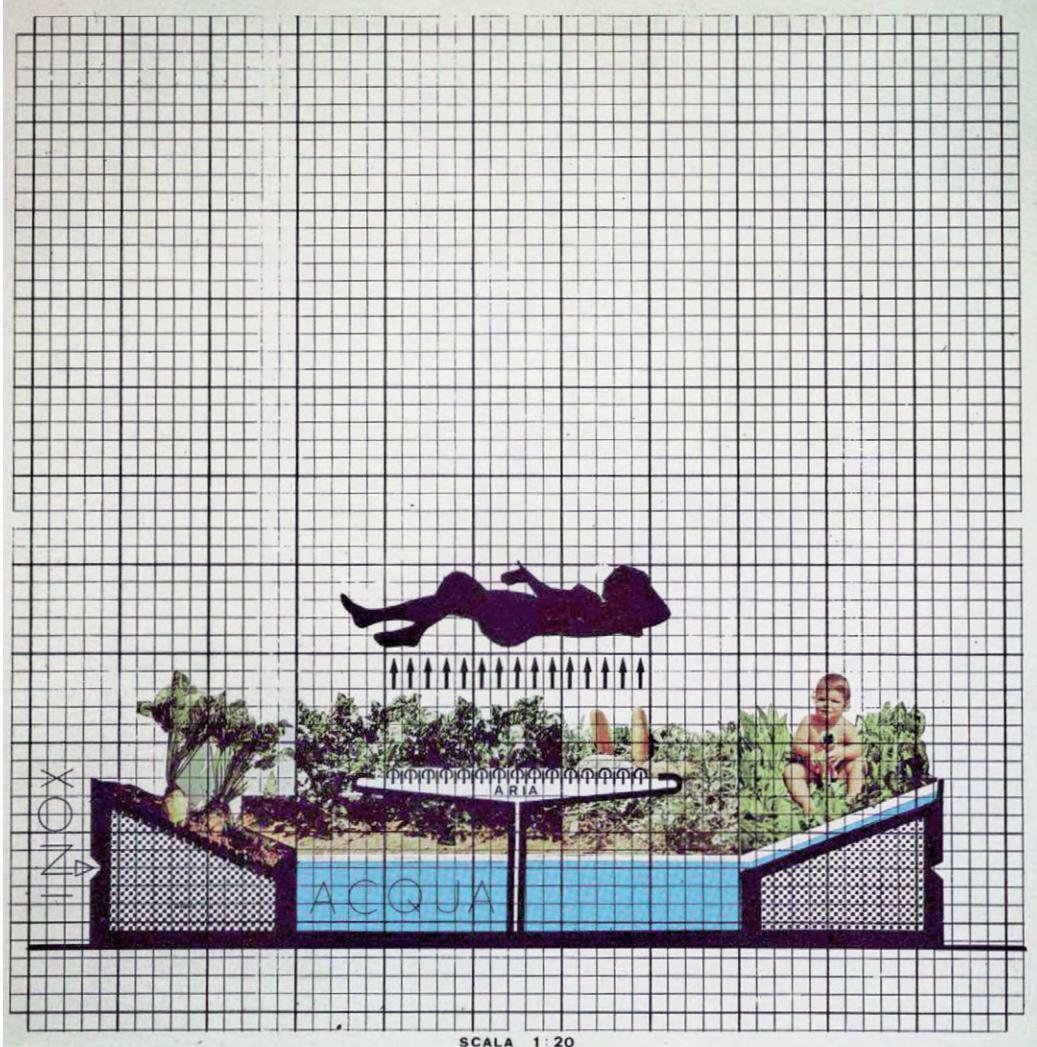
**Fig. 9** | Superstudio, 'L'architettura riflessa (Lo specchio dell'agricoltura)', 1970-1971 (source: Casabella, n. 363, 1972).

**Fig. 10** | Superstudio, 'La prima città, città 2000 tonnellate', 1973 (credit: Fondo Superstudio).

ometry, measurement, etc.) and in this process, it consists of the project.

**An architecture of urban values** | The strong blow vibrated by Banham in 1959, while arguing about the works of Gregotti and those of Neoliberty architects, was explicitly a response to Aldo Rossi's (1959) article entitled *Il Passato e il Presente nella Nuova Architettura*, which appeared on *Casabella Continuità*. As in other writings<sup>3</sup> and according to the line of the Magazine in those years, Rossi defended a trend that, rejecting the house as a machine for living, claimed for a traditional idea of domesticity, congruent with the values of the Lombard upper middle class, which he considered unchanged between the beginning of the twentieth century and the Neoliberty years. In his attack, Banham accused Rossi of a nostalgic groundlessness, but above all of the disavowal of the values of modernity that Futurism had already used at the beginning of the twentieth century for a renewal of Italian arts as the material of the new century.

Rossi's commitment after that long controversy deepened his interest in the traditional el-



**Fig. 11** | 9999, 'The vegetable garden house', project exhibited at 'Italy – The new domestic landscape – Achievements and problems of Italian design', MoMA, New York, 1972 – Prize 'Young Designers', section Environments.

**Fig. 12** | 9999, 'Il Salvataggio di Venezia', competition entry, 1971.

ments of architecture, focused at an urban scale, questioning their origin, formal determination, resistance, and transformation over time. At the same time, Rossi researched the method traced by Marcel Poëte<sup>4</sup> (Poëte, 1929; Calabi, 1997), influenced by Henri Bergson's philosophy and Henri Pirenne's approach in the Annales. During the long association with Carlo Aymonino, these influences gathered, leading to a new and peculiar method. Applied to the numerous researches carried out in Lombardy, Veneto, and in the adjacent regions during the years of activity at the IUAV, presented again on Casabella Continuità n. 288 of 1964, the method was indicated by Rossi as 'historical and comparative morphology' (Rossi, 1964, 2012). Also, in this case, taking into account the architecture into the city, allowed him to address the relationship between the materials of the project (Fig. 4).

In Rossi, the variety of sizes combines trans-disciplinary extension with an in-depth analysis over historical time. Poëte's ancestry is also clear in terminology. Architecture as an urban 'fact' (artefact) must be inserted in the context that belongs to it, starting from the understanding of its morphological system (still the significant relationship between the forms) captured from the origin over time. The becoming of forms and geo-social history gather, and while architecture increases its scale of investigation and action, the past becomes a new extension

on which architecture is projected (literally). The autonomy of the architectural form becomes an *a priori* theoretical objective, which the project must introduce as a new transformation agent in the city, understood as a place of historical becoming (Fig. 5).

The interpretative and operational tools that Rossi elaborated through these researches were soon after presented in his best-known work of 1966, *The Architecture of the City* (Rossi, 2011). Published when he was thirty years old, the book was released in the same year in which Gregotti published his own. Taking up, among others, the work of the geographer Georges Chabot and his notion of urban landscape, in *The Architecture of the City*, Rossi outlines two different approaches: a first one that studies the urban landscape through the economic, political, social systems that they generated (characteristic of the economic and social sciences); a second one, which considers the city as a spatial structure, from a formal point of view, approach which Rossi considered as the most valid in architecture. Over these few years, the influential new positions expressed by Gregotti and Rossi renewed the figure of the architect in a profound and definitive way, turning the theoretical-critical reflection an integral part of the project. Extended through the School, then crossing national borders, this approach still stands today as one of the most influential of the pecu-

liar Italian attitudes to the architectural project.

**Architecture as a condition** | In a gap of only five years, another group emerged that was focusing some further hypotheses able to act a profound and inter-scalar renewal of the project as a tool for knowledge. Rooted in Tuscany, this other gaze has been built by the radical avant-garde, mainly by Archizoom Associati<sup>5</sup>, Superstudio<sup>6</sup>, Studio 9999<sup>7</sup>. The starting position of this second strand was not burdened by the same ideological responsibilities towards the Italian tradition elaborated in Casabella Continuità. The way to overcome the Modern Movement, shared with other European leading figures, had to do with a recentering on human nature, in order to get the source of an architecture rooted in its community and its socio-economic context. The political issue was echoing the impact on the architecture of mass production and consumption, caught through the processes of accelerated transformation of the territories. Their insights related large-size industrial automation and the advertising language to the upcoming fast urbanization linked to a new concept of infrastructure.

In this new frame, architecture was looking for mediation with this rapidly changing reality and man, founding it in agriculture. Conceived in straight relation to the existing realm, fueled both by anthropogeographic issues and the new arguments concerning the rise of global

capitalism, this approach addressed agriculture as the root of many early forms of anthropization. Imposing permanence on nomadism, agriculture gave a primary reason for architecture and presaged the city. Agriculture could be regarded as the most impressive among the archaic ways of anthropization at the big scale, as the zenithal photographs released in that EM issue dedicated to *The Shape of the Territory* had already shown, actually the very same pictures that Archizoom used as the basis for some of the photomontages of No-Stop City (Rouillard, 2004). The images of intensive agriculture production as it was gaining the valleys of Montana was converted into one of the several Homogeneous Districts. The same for the aerial photograph of Central Park published in 1965 by Gregotti, which became the starting point for the photomontage that shows, in parallel to the Monomorfo District in Pianura – Roof Garden, how the No-Stop City colonizes Manhattan by moving Central Park to the roof of a huge building (Fig. 6).

This seminal work points out that soil can be reproduced, like any other consumer goods, and there is no longer a formal difference between an industrial structure, an urban fabric, and an intensive agriculture sector. No-Stop City is a theoretical project made by images and first published in 1970 on Casabella, then directed by Alessandro Mendini, who by allowing its publication in the magazine will fulfil the disciplinary legitimacy of Italian Radical Architecture (Archizoom Associati, 1970). It is an architecture that is no longer available to embody any social utopia. Our future, for the first time in history, seems to be able to do without form, language, space, semantics, measure, proportion. The pressure of consumerism changes socio-cultural codes and produces a potentially infinite extension of urban substances made up of generic buildings, containers, supermarkets: a world without architecture, regressive, negative.

This is the meaning of the adjective ‘monomorphic’ that accompanies each caption of No-Stop City. The presence of reality oppresses architecture, makes it sink into the subsoil and reduces it to a catalogue of neutral places, stacked on each other, and equipped for consumption. To recognize the production of the contemporary city as equivalent to that of its soil prefigures in the image of a city that never stops the advance of buildings that erodes the countryside, already anthropized by agriculture (Fig. 7). If every human activity refers to consumption, the ideal place to live will be a scenario that escapes the continuous injunction of goods.

The residential forest contrasts with the ‘internal landscape’ within the pile of homogeneous housing diagrams in which the No-Stop City is divided. In addition to the furnished clearings – in some examples furrowed by water – and the toilets that are arranged alternatively following a grid, no other element articulates this alienated living space, at the same time natural and air-conditioned, without limits but hypogea (Fig. 8). The idea of the future as a dystopia turns this architecture into a spa-

tial-socio-economic denunciation, new awakening imagery where every opposition is annihilated: between natural and artificial, between archetypal and anthropic, between public and private, in the sign of the broader customs revolution experienced through 1968.

The idea of an autonomous architecture is further stated here. If for Aldo Rossi the term addresses the predominance of the pure architectural values introduced by the project over the contingent aspects of historicized reality, for the radical architecture the concept of autonomy recalls, as a symbol, an autarchic level where the material culture of the subordinate classes is capable of producing renewed forms of reality in which to live without the market conditioning (Aureli, 2016). This idea of architecture is developed in a constant and direct relationship with the rapidly changing socio-cultural context at the time<sup>8</sup>, in which the imaginary is galvanized by the real physicality of the autarkic living spaces. The first hypotheses of self-productive settlements of NASA<sup>9</sup> (Lopez, 2014) are as straightly translated into an advanced technological idea of material culture, thus contributing to a new horizon in which architecture affords self-sufficient liveable realms, where to produce your energy, your climate, your livelihood, your entertainment. In this matrix, a counter-Eden is elaborated through images, in which agriculture has an important symbolic, and literal role.

*L'Architettura Riflessa*, a work by Superstudio of 1970, mirrors a compressed agricultural landscape on the intrados of the enormous overhang of the roof of a hypothetical building, out of the picture, surrounded by ploughed fields. The photomontage will make the cover of n. 363 of Casabella (Fig. 9), issue in which the director Mendini will leave the floor to Andrea Branzi, who with the article *La Gioconda Sbarbata – Il Ruolo dell'Avanguardia* will offer one of the many theoretical contributions about the juxtaposition of values between the Radical Avant-gardes and the Tendenza<sup>10</sup>. *La Prima Città – Città 2000 Tonnellate* (Fig. 10), a 1971 Superstudio project, originates from twelve stories by Gian Piero Frassinelli illustrated by photomontages. A 2,000-ton ceiling weighs on a livid world, in which a worn architecture sets the green hills with slats that square the space every thirty meters. They are hallucinated ‘moral operettas’, which renounce any predictive speculation in order to exacerbate some aspects of reality and turn them in a project made by synecdoche, where a part of the existing becomes the whole.

In 1973 Superstudio starts the research project for Extra-urban Material Culture, which will end in 1978. Developed within the courses of Plastica Ornamentale held by Adolfo Natalini at the Faculty of Architecture of Florence<sup>11</sup>, keeping in contact with local administrators and farmers, and originates from the recognition of agricultural society as a context where forms forerun the process of alienation and its marks on the urbanized mankind. The impressive values of objects and forms built by peasant societies draw on the crisis of traditional rural architecture – abandoned for migration to cities and transformed into tourist settlements

– and their territorial forms, supplanted by intensive monocultures.

The exhibitions *La Moglie di Lot* and *La Conscienza di Zeno*, with which Superstudio participates in the 1978 Venice Biennale<sup>12</sup>, display the photographs of the farmer Zeno Fiaschi at work, while his self made objects and buildings unveil the role of spontaneous architecture as the main tool to question the project as a critical medium. It is a contribution to be read in parallel to the paradoxical achievements of the other works of Superstudio, in which the Continuous Monument, the Twelve Ideal Cities, the Fundamental Acts provide a further version (such as No-Stop City) of the idea of total urbanization as the acme of a paroxysmal world which, by rendering the creative act useless outside the production of goods, condemns architecture to be anti-architecture.

In 1972, the 9999 group was invited by Emilio Ambasz to Italy – *The New Domestic Landscape – Achievements and Problems of Italian Design* exhibition at the MoMA in New York (Ambasz, 1972). Although dedicated to design as an Italian architectural production of excellence, the Environments section will give great prominence to the works of the Italian Radicals, thus definitively identified by the essay by Germano Celant (1972) published in the catalogue. The 9999 group will win the prize for young designers with *The Vegetable Garden House* project (Fig. 11). Air thalamus is pushed by continuous jets over a tub of water that feeds the surrounding garden, inside the bedroom. Accompanied by an abstract from the *Georgiche di Virgilio*, the project is presented as an eco-survival device made up of simple elements (a garden, water, air bed).

The work of 9999 must be referred more broadly to an international context in which also other groups (ecological oriented, such as Street Farm in London or Anti-Farm in the USA) were referring to the countryside as a pre-industrial arcadia, opposing to the sprawling city at an ideological level. In 1971, the project by 9999 for the University of Florence competition proposed a technological forest of redwoods reconquering the city, now an apocalyptic ruin, where architecture, miniaturized and widespread thanks to the then-new electronic media activates urban rebirth. In the same year, *The Salvataggio di Venezia* shows the Venetian lagoon filled up with pastures where herds are grazing (Fig. 12). In those contexts that have exhausted all their residual formal potential, architecture comes to coordinate, arrange, reactivate, mitigate, displaying an indispensable integration between built fact, event, infrastructure.

**Architecture: the pioneer and ultimate tutor of nature** | Gregotti and Rossi’s works set up some new architectural relationships with the territory and urban history, distilling their forms, which get back to the mid-size as anthropic colonizing gestures or as elements of analogy in the collective memory. The building acquires an autonomous, universal value and projects its role onto the large scale of geography, or, in a renewed diachrony, from the present time



**Figg. 13-15** | Rem Koolhaas and Samir Bantal with Troy Conrad Therrien and Ashley Mendelsohn, 'Countryside – The Future', Solomon R. Guggenheim Museum, NYC, 20/02-14/08 2020: installation view (credit: Laurian Ghinitoiu courtesy AMO, 2020); installation views (photos: David Heald; credits: Solomon R. Guggenheim Foundation).

back to a continuous past. By converting the territories into places, time into history, collective activities in shared memory, architecture identifies trans-scalarity as being a new architectural field. The paroxysmal manipulation of common built devices and meanings operated by the radical architects – without any longer conceiving their transformation or replacement – reduces architecture to interior design at the same time as it makes it the main tool to penetrate reality and its future.

Oscillating between the latest utopias, negative atrophies, and pop euphorias, agriculture in the architecture of the sixties and seventies is generally part of a metaphorical vision. It does not transform the green matter into material for new urban forms (as happened in the case of the boulevard, the public garden, the park). It rather anticipates the advent of the inhabited space on the cultivated territory, showing that any transforming action can engage the whole of the surrounding environment, including the climate and atmospheric agents.

Some recent projects show the contemporary evolution of that thought. For instance, Agronica (1995) by Andrea Branzi, a 'symbiotic agriculture model' developed with the Domus Academy in 1995 for the Philips Corporation, introduces the microscale level of remote control in supporting technical devices yet integrating the achievement of anew urban agriculture. A similar vision has supported the progressive inclusion of urban vegetable gardens into landscape design, the development of urban farming and vertical farms, in which the integration of hydroponic crops with remote control fuels the further extension of the concept of urban nature. Reclaiming the ability for the project to prefigure formal structures, to protect biodiversity and to stimulate production activities, echoes that previous theoretical positions, when architectural design first attempted to activate the formal potential laying into homogeneous formal systems, beyond the usual relationships of small and large, near and far.

Countryside – The Future, an exhibition on non-urban agricultural territories that Rem Koolhaas has prepared for years with OMA, AMO and Samir Bantal, now at the MoMA in New York (Figg. 13-15), was presented by the author specifying that it has nothing to do with architecture, but with societies, anthropology and politic<sup>13</sup>. It is the most renowned, but not the only one, among the many exhibitions that architecture dedicates today to agriculture. The Master Architecture & Expérience, with Sébastien Marot, designed the exhibition Taking the country's side, on behalf of the 5th Lisbon Architecture Triennale and EPFL<sup>14</sup>. In 2018 the Pavillon de l'Arsenal produced Capital Agricole – Chantiers pour une Ville Cultivée, an exhibition designed by the SOA group, which dedicates a considerable part of its design experiences to the theme.

More than forty years have passed since the project Exodus or the Volunteer Prisoners of Architecture, with whom Koolhaas (with Elia Zenghelis) won the competition launched in 1972 by Casabella on La Città come Ambiente Significante. The project allowed Koolhaas, who just had graduated from the Architectural As-

sociation of London, to appear among the radical architects in the eponymous work by Paola Navone and Bruno Orlandoni (1974), because of an analogy of approach that continues today.

The contemporary intention of a resilient architecture, which designs the conditions of coexistence of man and other species through the even discontinuous distribution of the forms

of the project over large extensions, shows a synthesis of the two strands that have been evoked. The endeavours of those years make their teaching still echoing today, which distilled the formal gesture able to reactivate large-scale relationships in a diachronic time, which faced the ineluctable artificiality of increasing capitalistic urbanization by opposing

only architecture, seen as the producer and last tutor of a new idea of nature when using collage in an unprecedented poetics for fragments and scenarios.

## Notes

1) Edilizia Moderna (EM), produced since 1931 by the Pirelli Linoleum Company, had Gianfranco Isalberti as Director. In 1963, he commissioned Gregotti as sole Editor (who was at the same working at Casabella, directed by E. N. Rogers). Anticipating what was then carried out in his subsequent direction of Casabella, Gregotti started a broad cultural project focusing the relationship between the architect and the transformations of society, publishing only monographic issues marked by an impressive embedding between the stated themes and the graphic layout, designed by Michele Provinciali.

2) On the role of cartography in a landscape key, and about the relationships between anthropic and natural forms, see: Battisti, E. and Crotti, S. (1965), "Note sulla lettura del paesaggio antropogeografico", in *Edilizia Moderna*, n. 87-88, pp. 53-59.

3) The long controversy originated by Banham, for its breadth and consequences, has been the subject of several studies; among the many see at least: Critchley, 2016.

4) Director of the Bibliothèque Historique de la Ville de Paris (BHVP) since 1903 to retirement, Secretary of the Commission du vieux Paris since 1914 to 1920, and Founder of the Institut d'Urbanisme de Paris at the same BHVP, Marcel Poëte constitutes a para-technical, transdisciplinary, unique figure of the urban planner. His knowledge of the history of Paris is accomplished as a paleographer, cartographer, archivist, and librarian. He founded a humanistic, socio-cultural study of the history of the city, strongly rooted in the comparison of direct sources (in his case available at the BHVP and the archives of the Vieux Paris). Combined with the physicality of the urban form, which Poëte studied, photographed, taught in his popular courses in Histoire de Paris – since 1904 at the BHVP – the Poëte method structures, through a language of positivist and biological inspiration, the idea of the city as a living organism whose individuality and transformation laws must be understood (see in particular the work *Une Vie de Cité – Paris, de Sa Naissance à Nos Jours*, a collection of four volumes published between 1924 and 1929).

5) Group formed by Andrea Branzi in 1966 (the year in which he graduated in Architecture) with Gilberto Coretti, Paolo Deganello, Massimo Morozzi; in 1968, Lucia Bartolini and Dario Bartolini joined the Group.

6) Founded by Adolfo Natalini and Cristiano Toraldo di Francia with Roberto Magris, Alessandro Magris, Gianpiero Frassinelli and Alessandro Poli.

7) Group formed by Giorgio Birelli, Carlo Caldini, Fabrizio Fiumi and Paolo Galli. They will have an intense relationship with Superstudio in the late sixties. In August 1970 they will jointly create the Sine Space – Separate School for Expanded Conceptual Architecture School, lodged at the Space Electronic discotheque as teaching and performance venue. The discotheque has been created by the 9999s themselves in Florence in 1969.

8) In Rock and Revolution (1973), Andrea Branzi traces the relationship between the Radical Avant-garde and the New Pop Phenomena, since the 1968 contestation to Bob Dylan, since the Woodstock concert to hippie groups.

9) For research on autonomous space habitats, self-sufficient in the self-production of energy and agricultural resources, refer in particular to Gerard Kitchen O'Neil and Richard Giudice. For Superstudio, see: 'Interplanetary Architecture', research carried out at the Arcetri Astrophysical Observatory in 1972, then in Casabella n. 364. An exhaustive overview of the relationship between the research on the self-sufficiency of artificial environments carried out by NASA and the architecture of the period is in: Lopez, 2014, p. 140 et seq.

10) For the controversy between the Tendency and the Radicals, see at least the Milan Triennale of 1973 (Scolari, 1973), the writings of Manfredo Tafuri (1974, 1987). An effective summary is in Rouillard, D. (2004), pp. 308-312, chapters 11, 12, and following. About the intersections between the political condition in Italy in the 1960s and early 1970s and both the Aldo Rossi's redefinition of the architecture of the city and Archizoom's No-Stop City, see Aureli, 2008.

11) With seminars by Cristiano Toraldo di France, Gian Piero Frassinelli, Michele De Lucchi, Alessandro Poli and the research support of Roberto and Alessandro Magris, Frances Burton.

12) At the invitation of Lara Vinca Masini who had named it significantly Utopia and Crisis of the Antinature – Architectural Intentions in Italy.

13) Countryside – The Future is currently exhibited at the MoMA in New York, from 20/02 to 14/08/2020. [Online] Available at: [www.dezeen.com/2020/02/21/country-the-future-exhibit-rem-koolhaas-guggenheim-new-york/](http://www.dezeen.com/2020/02/21/country-the-future-exhibit-rem-koolhaas-guggenheim-new-york/) [Accessed 21 March 2020].

14) For more information, visit the webpage: agriculture-architecture.net/Impressum [Accessed 30 April 2020].

## References

- 9999 (1972), "Group 9999", in Ambasz, E. (ed.), *Italy – The New Domestic Landscape – Achievements and Problems of Italian Design*, Museum of Modern Art, New York, pp. 276-281. [Online] Available at: [www.moma.org/documents/moma\\_catalogue\\_1783\\_300062429.pdf](http://www.moma.org/documents/moma_catalogue_1783_300062429.pdf) [Accessed 21 March 2020].
- Archizoom Associati (1970), "Città, catena di montaggio del sociale. Ideologia e teoria della metropoli", in *Casabella*, n. 350-351, pp. 43-52. [Online] Available at: arena-attachments.s3.amazonaws.com/1494979/\_d84270a342af9ecbb61dd4520c59e18.pdf?1512842788 [Accessed 21 March 2020].
- Aureli, P. V. (2016), *Il progetto dell'autonomia – Politica e architettura dentro e contro il capitalismo* [or. ed. *The Project of Autonomy – Politics and Architecture within and against Capitalism*, 2008], Quodlibet, Macerata.
- Banham, R. (1959), "Neoliberty. The Italian Retreat from modern architecture", in *Architectural Review*, n. 747, pp. 231-235. [Online] Available at: [misfitsarchitecture.com/wp-content/uploads/2015/07/reynier-banham-neoliberty-the-italian-retreat-from-modern-architecture-the-architectural-review-ar-125-april-1959-pp-230-235.pdf](http://misfitsarchitecture.com/wp-content/uploads/2015/07/reynier-banham-neoliberty-the-italian-retreat-from-modern-architecture-the-architectural-review-ar-125-april-1959-pp-230-235.pdf) [Accessed 21 March 2020].
- Battisti, E. and Crotti, S. (1965), "Note sulla lettura del paesaggio antropogeografico", in *Edilizia Moderna*, n. 87-88, pp. 53-59.
- Branzi, A. (1973), "Rock e Rivoluzione – Radical Notes n. 5", in *Casabella*, n. 374, p. 10.
- Calabi, D. (1997), *Parigi anni Venti – Marcel Poëte e le origini della storia urbana*, Marsilio, Venezia.
- Celant, G. (1972), "Radical architectures", in Ambasz, E. (ed.), *Italy – The New Domestic Landscape – Achievements and Problems of Italian Design*, Museum of Modern Art, New York, pp. 380-387. [Online] Available at: [www.moma.org/documents/moma\\_catalogue\\_1783\\_300062429.pdf](http://www.moma.org/documents/moma_catalogue_1783_300062429.pdf) [Accessed 21 March 2020].
- Critchley, M. (2016), *Continuity or Crisis – A brief history between the polemics of Aldo Rossi and Reyner Banham*. [Online] Available at: [www.aaschool.ac.uk/Downloads/WritingPrize/2013Shortlist/MatthewCritchley.pdf](http://www.aaschool.ac.uk/Downloads/WritingPrize/2013Shortlist/MatthewCritchley.pdf) [Accessed 21 March 2020].
- Gregotti, V. (1966), *Il territorio dell'architettura*, Feltrinelli, Milano.
- Gregotti, V. (ed.) (1965), "La forma del Territorio", in *Edilizia Moderna* n. 87-88.
- Lopez, F. (2014), *Le Rêve d'une déconnexion – De la maison autonome à la cité auto-énergétique*, Editions de La Villette, Paris.
- Mastriglio, G. (ed.) (2016), *Superstudio – Opere 1966-1978*, Quodlibet, Macerata.
- Navoni, P. and Orlandoni, B. (1974), *Architettura Razionale*, Documenti di Casabella, Milano.
- Poëte, M. (1929), *Introduction à l'urbanisme – L'évolution des villes*, Boivin, Parigi.
- Rossi, A. (2012), *Scritti scelti sull'architettura e la città – 1956-1972*, Quodlibet, Macerata.
- Rossi, A. (2011), *L'architettura della città* [or. ed. *The Architecture of the City*, 1966], Quodlibet, Macerata.
- Rossi, A. (1964), "Considerazioni sulla morfologia urbana e la tipologia edilizia", in Aymonino, C. et alii, *Aspetti e problemi della tipologia edilizia*, CLUVA, Venezia, pp. 15-32.
- Rossi, A. (1958), "Il passato e il presente nella nuova architettura", in *Casabella Continuità*, n. 215, p. 16.
- Rouillard, D. (2004), *Superarchitecture – Le futur de l'architecture 1950-1970*, Editions de la Villette, Paris.
- Scolari, M. (1973), "Avanguardia e nuova architettura", in *Architettura Razionale – XV Triennale di Milano – Sezione Internazionale di Architettura*, FrancoAngeli, Milano, pp. 153-187.
- Tafuri, M. (1987), *La sfera e il labirinto – Avanguardie e architettura da Piranesi agli anni '70*, Einaudi, Torino.
- Tafuri, M. (1974), "L'architecture dans le boudoir – The language of criticism and the criticism of language", in *Oppositions*, n. 3, pp. 37-62. [Online] Available at: [monoskop.org/images/8/8d/Tafuri\\_Manfredo\\_1974\\_L\\_Architecture\\_dans\\_le\\_Boudoir\\_The\\_Language\\_of\\_Criticism\\_and\\_the\\_Criticism\\_of\\_Language.pdf](http://monoskop.org/images/8/8d/Tafuri_Manfredo_1974_L_Architecture_dans_le_Boudoir_The_Language_of_Criticism_and_the_Criticism_of_Language.pdf) [Accessed 21 March 2020].

## CERN

Paradigma multiscalare

## CERN

Multiscalar Paradigm

Luigi Mandraccio

### ABSTRACT

Ciascuna scala, per quanto presa singolarmente, va considerata all'interno di un sistema di riferimento che è coerente non soltanto in base a una serie di principi quantitativi e convenzionali di partenza, ma ancora di più rispetto a una logica generale composta in presenza della totalità delle scale coinvolte. Multiscalar è, quindi, principio essenziale di qualunque meccanica del progetto. Il contributo – incentrato sulle strutture del Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire (CERN) a Meyrin – intende indagare la questione delle ‘scale’ guardando al progetto multiscalar in quanto produttore di una ‘unità difficile’, composta attraverso una ‘struttura’ «[...] quale mezzo grazie al quale le cose diventano intelligibili» (Forty, 2004, p. 292). Il CERN, straordinaria macchina ineluttabile, rappresenta un caso paradigmatico sul tema della multiscalarità.

The multiscalar issue is interpreted here as an essential principle of the mechanics of the project. Each scale, even if taken individually, must be considered within a reference system that is coherent not only based on a series of quantitative and conventional starting principles but even more than a general logic composed of the totality of the scales involved. The contribution – focused on the structures of the European Organization for Nuclear Research (CERN) in Meyrin – aims to investigate the issue of ‘scales’ by looking at the multiscalar project as a creator of a ‘difficult unit’, composed through a ‘structure’ «[...] as to how things become intelligible» (Forty, 2012, p. 283). CERN, an extraordinary inescapable machine, represents a paradigmatic case on the issue of the multiscalar project.

### KEYWORDS

scienza, complessità, struttura, sistema, laboratorio

science, complexity, structure, system, laboratory

**Luigi Mandraccio**, Architect, is a PhD Candidate in Architecture at dAD, Polytechnic School, University of Genoa (Italy). His research concerns the themes of science and machine. In particular, he is studying cases of special and extreme structures for scientific research. He has written several essays and articles and has spoken at conferences and seminars. E-mail: luigi.mandraccio@edu.unige.it

L'Organizzazione Europea per la Ricerca Nucleare viene indicata con l'acronimo CERN, riferito alla prima denominazione – Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire – di questa Istituzione internazionale e intergovernativa votata alla ricerca scientifica, soprattutto nel campo della fisica delle particelle. CERN indica sia l'Organizzazione che anche le relative strutture e laboratori, localizzate vicino a Ginevra e a cavallo del confine tra Svizzera e Francia (Fig. 1). Il CERN nasce e opera sulla base di un'intensa collaborazione internazionale – sono infatti ventitré i Paesi membri a pieno titolo e sessantatré le Nazioni che partecipano alle attività. Qui sono state effettuate alcune tra le scoperte più rilevanti degli ultimi decenni nel campo della Fisica delle particelle elementari, fino alla più recente e importante: il rilevamento del bosone di Higgs nel 2012. Una rete di sei acceleratori e deceleratori di particelle, su cui s'è sviluppato il Large Hadron Collider (LHC), provvede a garantire risultati assolutamente straordinari.

La rilevanza del CERN risiede anche nel ruolo che è arrivato a occupare nell'immaginario collettivo, quasi come una sorta di 'fenomeno di massa'. Durante gli Open Days<sup>1</sup> del 14-15 settembre 2019 (Fig. 2) circa 75.000 persone lo hanno visitato. Il Laboratorio si occupa d'indagare i meccanismi fondamentali della natura, a partire dall'origine e lo sviluppo del cosmo, su cui è molto forte l'attenzione dell'opinione pubblica. La conoscenza dei fenomeni naturali riguarda l'habitat di tutti noi ma entra anche nella nostra dimensione spirituale e nei diversi rapporti che le civiltà hanno con il 'divino'. La scienza ha parzialmente sostituito le divinità e le religioni nella spiegazione del mondo e dell'umanità stessa, in un processo di secularizzazione progressiva. Le ricerche scientifiche del Laboratorio incarnano molte di queste implicazioni e, quindi, richiamano l'interesse generale. Inoltre, l'uomo-artefice – in un mondo sempre più dominato da tutto ciò che è artificiale – sembra controllare tutto attraverso gli strumenti della scienza e della tecnologia, la cui influenza è percepita in forte incremento. La volontà di consolidare questo dominio – che viene messo in discussione dal verificarsi di condizioni estreme in cui la natura torna a imporsi come l'arbitro delle nostre sorti – ci spinge al tempo stesso ad affinare il controllo dell'artificiale e a esplorare più a fondo la natura. Il CERN è un mezzo straordinario per entrambi gli scopi.

L'interesse verso il CERN non si limita alla conoscenza delle straordinarie scoperte che compie, ma comprende anche molte altre suggestioni culturali, che lo rendono protagonista di numerosi progetti 'collaterali', come il recente reportage fotografico di Alastair Philip Wiper. Il Programma Arts at CERN<sup>2</sup>, attivo dal 2011, si occupa in modo quasi pionieristico di far collaborare artisti e scienziati, per sperimentare quanto creatività e curiosità siano i principali strumenti del progresso del sapere, non solo scientifico. I risultati sono rilevanti: le molte iniziative testimoniano una relazione particolarmente produttiva e densa di significati. Questo Programma prevede anche dei periodi di permanenza presso il CERN e durante uno di questi soggiorni è stato concepito e realizzato il la-

vorò THUTOAH – The Holographic Universe Theory of Art History (Treister, 2020) che unisce, nella forma del video, una raccolta di più di 25.000 immagini tratte dalla storia dell'arte, disposte cronologicamente, con la riproduzione da fuoricampo di interviste realizzate con tre scienziati del CERN – John Ellis, Alessandra Gnechi e Wolfgang Lerche. L'intento è quello di indagare i principi concettuali dell'olografia su cui è stata costruita la teoria che interpreta il nostro universo come un vasto e complesso ologramma. Come in una sorta di parafrasi, l'artista Suzanne Treister ha immaginato il flusso di immagini artistiche, velocizzato come se fosse in un acceleratore di particelle, diventare rappresentazione della natura olografica della realtà così come è stata ipotizzata.

Il CERN riguarda, quindi, molti temi differenti. Lega natura e artificio e incarna le aspirazioni del pubblico per la conoscenza di entrambe le sfere. Questa capacità di produrre conoscenza sulla natura nasce dalla sua essenza di macchina, puramente artificiale e straordinariamente complessa. Al di là della passione dimostrata dal pubblico, il presente saggio vuole anzitutto dare testimonianza della logica secondo cui è stabilito e organizzato il lavoro del CERN e offrirne alcuni spunti interpretativi.

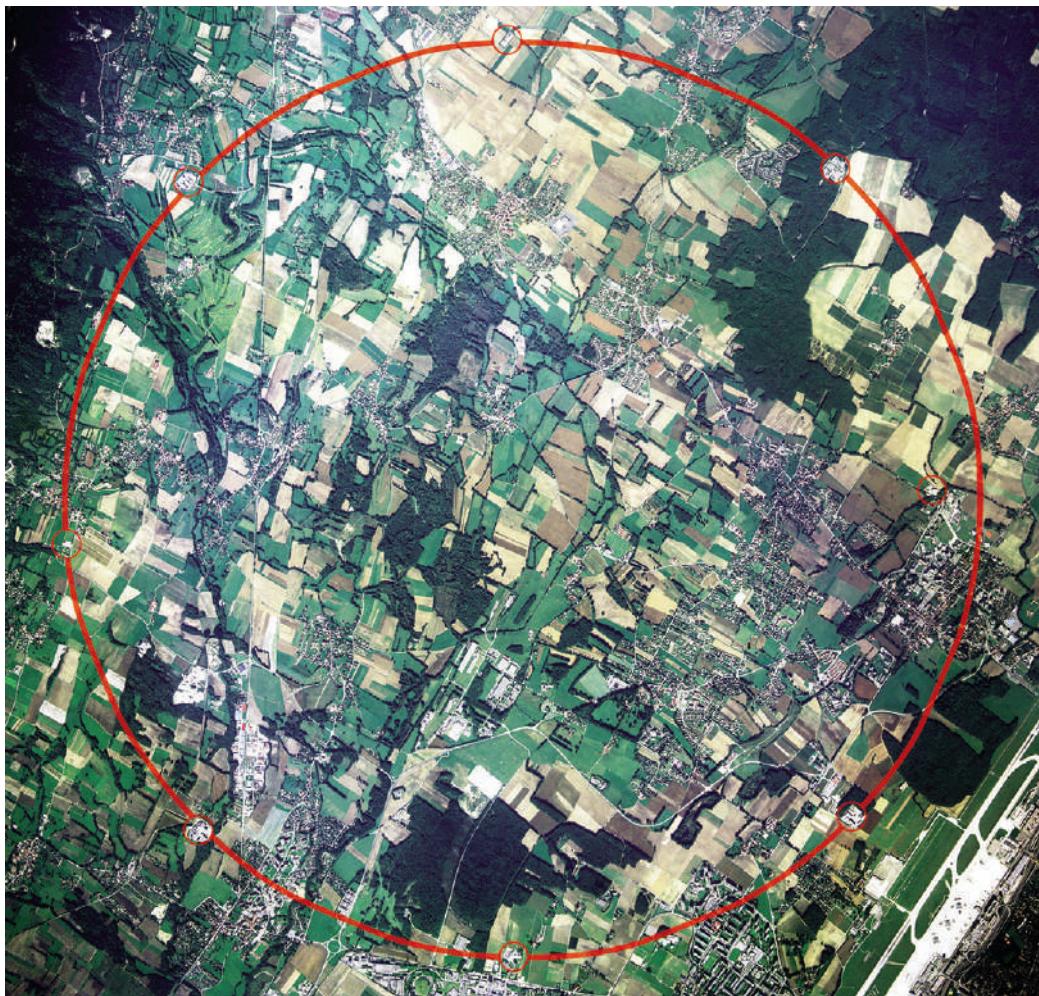
**Il paradigma** | «1. Esempio, modello. [...] 3. Nel linguaggio filosofico, termine usato da Platone per designare le realtà ideali concepite come eterni modelli [...] e da Aristotele per indicare l'argomento, basato su un caso noto, a cui si ricorre per illustrare uno meno noto o del tutto ignoto. Con altro significato il termine è stato recentemente introdotto nella sociologia e nella filosofia della scienza per indicare quel complesso di regole metodologiche, modelli esplicativi, criteri di soluzione di problemi che caratterizza una comunità di scienziati in una fase determinata dell'evoluzione storica della loro disciplina: a mutamenti di paradigma sarebbero in tal senso riconducibili le cosiddette 'rivoluzioni scientifiche'» (Treccani, 2020).

Il caso del CERN viene suggerito qui come modello del progetto multiscalare e della sua complessità. L'esemplarità risiede nel 'complesso di regole metodologiche' che è il processo progettuale, da qualunque prospettiva lo si consideri. 'Progetto' non è solo la documentazione tecnico-progettuale realizzata via via per il CERN nelle sue progressive implementazioni, ma rappresenta anche uno strumento intellettuale per l'architettura concepita come 'arte del costruire', o ancora un vero e proprio nesso tra teoria e prassi (Capozzi and Visconti, 2017). È fondamentale concentrarsi sul sistema dei nessi – in costruzione o già operativi – che esistono in un determinato contesto, per osservare i legami di senso stabiliti tra le parti. Tuttavia, le relazioni esistono a partire da elementi, nel senso illustrato dalla seconda parte della definizione di 'paradigma' omessa poc'anzi: «2. Nella linguistica moderna, l'insieme degli elementi della frase che contraggono tra loro una relazione virtuale di sostituibilità» (Treccani, 2020). Sono contemporanei, quindi, perfino i rapporti in *absentia*<sup>3</sup>, quando i legami possono richiamare elementi

al di fuori del discorso ma afferenti al medesimo contesto. Il CERN ha una natura di sistema/organismo aperto, dimostrata dalla sua capacità di adattamento e implementazione nel corso dei decenni che rafforza l'idea di una somma di elementi.

Una tale condizione non costituisce, tuttavia, un'entità frammentaria in cui si verifica una giustapposizione o dove l'autonomia di una parte vince sul tutto per via di collegamenti troppo labili o impercettibili. Il Laboratorio svizzero nel suo complesso è più della somma delle sue parti poiché esse si sommano secondo un processo che riqualifica i singoli valori espressi dalle componenti. Il CERN è ed ha una struttura, in senso ampio. La linguistica, che Roland Barthes giudicava come la vera scienza della struttura, fornisce una chiave interpretativa molto precisa: «[...] l'affermazione di De Saussure che 'il linguaggio è un sistema di termini interdipendenti in cui il valore di ogni termine risulta unicamente dalla simultanea presenza degli altri' [...] suggeri che lo studio del linguaggio potesse essere intrapreso chiedendosi non cosa le parole significino, ma solo come esse comunichino il significato. Ciò che rendeva il linguaggio intelligibile non erano i significati connessi a particolari parole, ma il sistema in cui erano usate» (Forty, 2004, p. 300). L'architettura stessa, in ultima analisi, corrisponde perfettamente a uno 'schema intellettuale attraverso cui le cose sono rese intelligenziali', pur con molte variabili. «[...] Lo schema può essere individuato attraverso uno qualunque tra i vari elementi: i più usuali sono la disposizione delle parti strutturali, le masse o i loro negativi, volumi o spazi, i sistemi di interconnessione o di comunicazione. Nessuno di questi è di per sé una struttura, ma solo un segnale che permette la percezione della struttura» (Forty, 2004, p. 292).

Questa, che sia condivisa – ad esempio da Herman Hertzberger (2009) riguardo la questione della flessibilità<sup>4</sup> – o avversata – tra gli altri da Bernard Tschumi, se 'strutturalismo' significa «[...] to dematerialise architecture into the realm of concepts» (Tschumi, 1996, p. 68) – è un'idea che ha contribuito allo sviluppo del pensiero architettonico e che fornisce una forma di mediazione tra gli aspetti teorici e operativi, considerando che dove trova efficacia questo significato di 'struttura' è sempre possibile applicare anche definizioni più generali, indicate dallo stesso Forty: 'qualsiasi edificio inteso nella sua interezza' e 'il sistema di sostegno di un edificio come elemento distinto dagli altri'. Il CERN, quale fatto fisico determinato da edifici e macchinari, dipende tanto dai suoi singoli componenti quanto dal loro insieme per riuscire a operare e raggiungere i risultati previsti. L'attività che si svolge nel Laboratorio attraversa trasversalmente tutti i molteplici sistemi che lo compongono e produce una corrispondenza tra forze e forme del tutto simile a quella richiamata, in tutt'altro contesto, da Christopher Alexander. Il caso del CERN è straordinariamente significativo proprio rispetto a questo intreccio di relazioni fondamentali, già così connaturate nell'essenza stessa della funzione – la ricerca scientifica – a cui la struttura deve assolvere.



**Fig. 1** | Aerial view of the territory occupied by the CERN plants, with the underground LHC layout (credit: J.-L. Caron, 1998, CERN Photos Archive).

**Fig. 2** | CERN Open Days, 14-15 September 2019: main entrance to the Esplanade des Particules, Meyrin (credit: CERN Photos Archive).

**Fig. 3** | Proton Synchrotron (PS): view of the sequence of the magnets (credit: M. Brice, 2014, CERN Photos Archive).

**Il progetto scientifico** | L’istituzione del CERN fu la conseguenza della consapevolezza europea di doversi dotare di una grande struttura di ricerca nel campo della Fisica e ciò sarebbe stato possibile soltanto unendo gli sforzi dei singoli Paesi. La Convenzione, in pieno spirito post-bellico, stabilisce che «[...] The Organisation shall have no concern with work for military requirements, and the results of its experimental and theoretical work shall be published or otherwise made generally available» (CERN, 2020). Essa venne firmata nel 1953 dagli undici Paesi sottoscrittori degli accordi preliminari – Belgio, Danimarca, Francia, Grecia, Italia, Jugoslavia, Norvegia, Olanda, Repubblica Federale di Germania, Svezia, Svizzera – con l’aggiunta del Regno Unito, rendendo operativa dall’anno successivo l’Organisation Européenne pour la Recherche Nucléaire<sup>5</sup> che mantenne, tuttavia, la sigla iniziale CERN. Il progetto generale del Laboratorio venne affidato a Lew Kowarski, che per primo aveva avanzato la proposta di un grande acceleratore di particelle.

L’inizio dei lavori per la costruzione del Laboratorio nel sito di Meyrin, vicino Ginevra, risale al 17 maggio 1954. Nei due anni precedenti era stata realizzata la progettazione contemporanea delle prime due grandi macchine per l’accelerazione delle particelle che dovevano diventare operative in successione. La prima, il sincrociclotrone (SC) da 600 MeV, entrò in attività nel 1957, fornendo il materiale per i primi studi del CERN sulla Fisica delle particelle e nucleare. Nel 1964 SC venne destinato esclusivamente agli esperimenti sulla Fisica nucleare, considerando l’entrata in funzione nel 1959 del sincrotrone a protoni (Proton Synchrotron – PS), capace della potenza record di 28 GeV. Successivamente la sua capacità operativa è stata sensibilmente potenziata aumentando l’intensità del fascio di protoni fino a mille volte quella originale e affiancando nuove strumentazioni, soprattutto quelle realizzate nel corso degli anni Settanta (Fig. 3).

Con questa dotazione di strutture e macchinari sperimentalisti, il CERN si apprestava a raggiungere i suoi primi grandi traguardi. Nel 1965 il team di fisici guidato da Antonino Zichichi dimostrò sperimentalmente alcune proprietà delle anti-particelle, fino ad allora solo teorizzate. Tuttavia, l’utilizzo di un solo fascio di particelle lanciato contro un bersaglio fisso rappresentava un limite che, sulla scorta di teorie e progetti che si erano formati fin dagli anni Cinquanta, costituiva la sfida successiva per il CERN. Superare quel confine significò pianificare la costruzione di strutture e macchinari che consentissero l’uso del Sincrotrone a Protoni (PS) per generare due distinti fasci di particelle da far circolare in due anelli interconnessi. Il progetto generale dell’ISR – Intersecting Storage Rings (Fig. 4) venne approvato nel 1965 sotto la direzione di Kjell Johnsen, mentre Franco Bonaldi fu responsabile per la costruzione (Fig. 5). Si era ancora distanti dai grandi anelli sotterranei che oggi caratterizzano il CERN, ma questo progetto rappresentò un decisivo balzo in avanti. Il 27 gennaio 1971 venne annunciata

la registrazione della prima interazione al mondo tra due fasci di protoni in collisione e per i tredici anni successivi l’ISR fornì i dati per sviluppare la conoscenza sul mondo delle particelle come mai prima di allora.<sup>6</sup>

Il passo successivo consiste in un vero e proprio salto di scala. Il Super Proton Synchrotron (SPS) è stato il primo dei giganteschi anelli sotterranei del CERN, con i suoi 7 chilometri di circonferenza a una quota di 40 metri sottoterra, e il primo a travalicare il confine franco-svizzero. Il progetto venne implementato durante la sua costruzione, permettendo di completarlo in soli 4 anni, due in anticipo rispetto al previsto, impiegando più di mille magneti e dotandolo di una potenza di molto superiore a quella preventivata. Il 17 giugno del 1976, l’SPS venne avviato per la prima volta, con la piena operatività per un’energia massima del fascio di 400 GeV. Il Super Proton Synchrotron divenne immediatamente il cuore dei programmi di ricerca del CERN, fornendo i fasci di particelle, di diverse tipologie, per le due aree sperimentali principali e raggiungendo alcune importanti scoperte<sup>7</sup>. L’SPS è operativo ancora oggi e ha raggiunto i 450 GeV di potenza, grazie a un complesso di 1.317 elettromagneti convenzionali<sup>8</sup>, inclusi 744 dipoli necessari alla curvatura della traiettoria delle particelle nell’anello.

Il potenziamento degli apparati strumentali è passato anche per novità apparentemente più contenute, ma in realtà sostanziali. L’invenzione nel 1968 da parte di Georges Charpak della Multiwire Proportional Chamber<sup>9</sup>, grazie

al collegamento a un calcolatore, permise di raggiungere velocità e precisione nelle rilevazioni senza precedenti. Inoltre, dal 1976 nelle sale di controllo sarebbe stato introdotto un nuovo sistema basato sul touch screen messo a punto da Frank Beck e Bent Stumpe tra il 1972 e il 1973, per poi diventare la base per tutta l'elettronica di consumo contemporanea. Il 4 aprile 1981, all'interno dell'ISR, avvenne la prima collisione protone-antiproton al mondo. Da quell'esperienza nacque l'idea di convertire l'SPS in un collisore protoni-antiprotoni. Vennero avviati gli esperimenti denominati UA1 (Fig. 6) e UA2 alla ricerca della collisione che permettesse l'osservazione dei bosoni W e Z in cui risiede la conoscenza del fenomeno dell'interazione debole tra le particelle. Il 30 aprile 1983, nell'ambito dell'esperimento UA1, venne osservata indirettamente la prima particella, Z0. Carlo Rubbia e Simon van der Meer nel 1984 vennero insigniti del Premio Nobel per questa scoperta: van der Meer era stato l'ideatore della tecnica del raffreddamento stocastico, mentre Rubbia aveva pianificato la conversione dell'SPS e coordinato l'intero programma UA1. Una nuova classe di esperimenti prese il via nel 1986 con l'obiettivo di studiare i legami atomici dei quark e confermare o meno le teorie sulle condizioni dell'universo nei momenti successivi al Big Bang, attraverso l'accelerazione di ioni pesanti – nuclei molto ricchi di neutroni e protoni – all'interno dell'SPS.

Il futuro del CERN era stato già pianificato da tempo e l'8 febbraio 1988 il tunnel per il Large Electron-Positron Collider (LEP) venne completato in tutti i suoi 27 chilometri di sviluppo. Fu la più grande opera di costruzione in Europa prima del tunnel sotto alla Manica. Il LEP è tutt'oggi il più grande acceleratore per elettroni-positroni mai costruito, con i suoi 5.176 magneti e 128 cavità di accelerazione, con una potenza iniziale di 100 GeV, poi aumentati fino a un massimo di 209 GeV. Nel 2000 venne abbandonato come da programma, per lasciare posto all'interno del medesimo tunnel al Large Hadron Collider (LHC). Fin dal 1997 si era iniziato a lavorare agli esperimenti che si sarebbero appoggiati al nuovo macchinario principale, tra cui ATLAS, operativo in parte già nel 2006: esso si compone dei più grandi magneti superconduttori mai realizzati, con prestazioni eccezionali. Tutti i nuovi esperimenti furono pronti per quando, il 10 settembre 2008, l'LHC venne avviato con obiettivi ambiziosissimi, quasi tutti coronati da successi; tra i molti, i progressi nella conoscenza dell'antimateria e l'osservazione del bosone di Higgs. I lavori attualmente in corso prepareranno nuovi tunnel per la prossima generazione dell'acceleratore, l'LH-LHC – High-Luminosity Large Hadron Collider (Fig. 7).

**L'altro lato del progetto** | Il CERN è un prodotto di pura funzione che non nasce su altre basi se non quelle della scienza e dei programmi scientifici che letteralmente animano le sue attrezature. La funzionalità ottimale è l'unico parametro 'volontario' messo in campo nella progettazione e nella realizzazione di questo Centro. Tuttavia, l'analisi del Laboratorio non può limitarsi alla considerazione di quelle che

erano le volontà originali e i loro effetti, ma deve giudicare il prodotto in sé, nella sua completezza e secondo parametri che possono anche differire da quelli iniziali. Così accade per l'architettura e il proprio specifico punto di vista. Il CERN è un prodotto collettivo. Le singole scoperte sono il risultato del lavoro di chi segue la pianificazione e lo sviluppo dei programmi di ricerca, ma anche di chi ne ha formulato le idee di base. Il CERN è poi uno spazio abitato e il luogo al centro della vita quotidiana di migliaia di persone – da chi lavora nella filiera a chi si interessa della conduzione di tutte le strutture, gli edifici, gli ambienti e le attrezzature. Questi 'abitanti' sono animati sia da un dovere professionale, ma perlopiù vivono il proprio lavoro con un'autentica passione, stabilendo un rapporto particolarmente intenso con questo habitat così particolare.

Il CERN è un oggetto complessivo. Il Laboratorio, letto e percepito come un intero, incarna un'entità chiara, operativa e di successo. Le parti che lo compongono aumentano di numero e diminuiscono in dimensione man mano che si avvicina lo sguardo: al livello a cui ci si ferma su un componente semplice o aggregato corrisponde un certo grado di approfondimento e di comprensione, che in qualche misura tiene anche conto di ciò che non viene toccato direttamente ma che comunque contribuisce a definire l'identità complessiva. La variabile del punto di vista si esprime attraverso il parametro della 'scala' declinato secondo due approcci principali: quantitativo e qualitativo. In senso quantitativo le scale costituiscono uno straordinario strumento di controllo e di organizzazione dei possibili punti di vista, secondo standard normativi che ci consentono il confronto grazie a una metrica condivisa impiegata sia nella ricerca che nel progetto. È un'interfaccia tecnica, un sistema convenzionale fatto di balzi dimensionali progressivi: 1:20, 1:100, 1:500, 1:10.000 e così via.

Queste specifiche categorie di rispondenza tra una determinata rappresentazione tecnica e il mondo reale si possono esprimere anche in una serie di indicazioni di tipo qualitativo e sintetico, incentrate sul comunicare prima di tutto gli ordini di grandezza in gioco e i valori che emergono da ciascuno. Le due principali – quelle che rivestono maggiore interesse in questa sede – sono la scala territoriale e la scala architettonica.

La scala territoriale è quella delle viste aeree e satellitari, in cui si realizza un inquadramento generale e complessivo e si apprezzano le relazioni che si intrecciano tra tutti gli elementi naturali e antropici (Fig. 8). 'Territorio' è un tema sia geografico che politico, ma esprime chiaramente anche un'unità di analisi (Miraglia, 2016) proprio in forza della capacità di rappresentazione delle interazioni uomo-natura e società-ambiente in tutta la loro intensità, pur da una prospettiva in cui si concentrano numerosi fattori contemporaneamente. Al termine 'territorio' si affianca quello di 'paesaggio', secondo una chiave di lettura ampia e aperta: «[...] Landscape's traditional terrain is the extended horizontal surface; more recently, it has been extended to topographic surfaces that are folded, warped, bent or striated. This has an

obvious attraction to architects today, where surface has become a primary instrument in design. [...] landscape surfaces are always differentiated by their material and performative characteristics» (Gausa et alii, 2008, p. 382). Il campo si è poi ulteriormente allargato, con una tendenza talvolta all'ibridazione dei due concetti – Landscape as Territory (Sanjuán, 2019) – descrivendo efficacemente un ambito di ricerca ancora molto dibattuto.

Al di là dell'approccio con cui si affronta il tema, la base di partenza non può che essere il contesto specifico d'interesse. La Svizzera sta attraversando una fase di transizione dei suoi caratteri territoriali (Price, 2015) e la zona di Ginevra non ne è esclusa. Quest'area sud-occidentale del territorio svizzero è incentrata sull'insediamento ginevrino e sui suoi sobborghi (Lancy, Vernier, Meyrin, Le Grand-Saconnex, Pregny-Chambésy, Collex-Bossy e ancora, ma in Francia, Ornex, Versonney, Ségny, Prévessin-Moëns e così via) a cui si aggiungono una serie di infrastrutture, sia automobilistiche che aeroportuali, e ancora le strutture del CERN (Fig. 9). Queste sono costituite, essenzialmente, da una lunga serie di insediamenti assimilabili al tipo industriale (Fig. 10). Tutti gli elementi elencati finora sono distribuiti tra campi coltivati, prati e boschi che dominano completamente il paesaggio. In questo contesto ricchissimo di tracce, pur di origine e impatto molto diverso, i segni della presenza del CERN sono minimi, quasi impercettibili, se si escludono i due siti principali di Meyrin (Fig. 11) e Prevessin che spiccano solo per estensione.

Il Laboratorio non costituisce un landmark nel territorio, né dalle viste aeree e neppure dalla prospettiva di un osservatore che esplori normalmente il paesaggio. Quelle che si osservano in superficie sono una serie di aree circoscritte con all'interno dei capannoni, depositi vari ed edifici per uffici. L'inserimento nel paesaggio avviene in maniera dolce e armoniosa, forse per la reciproca indifferenza che sembrano dimostrarsi il CERN e il suo contesto, come una condizione di coabitazione non casuale ma piuttosto consueta e ben assimilata. Tutti questi 'episodi' nel territorio peri-urbano e agricolo tra la Svizzera e la Francia sono il fondamentale supporto per le attività sotterranee del Laboratorio, traccia mastodontica ma invisibile del CERN. Congiungendo idealmente le presenze in superficie si ricostruiscono facilmente i tracciati sotterranei che si sviluppano per decine e decine di chilometri.

Alla scala territoriale, quindi, il CERN non appare, se non in ricostruzioni diagrammatiche e in rappresentazioni tecniche che spingono il piano di sezione ideale nelle profondità della terra. Fatto questo, si percepisce quanto invece il CERN incarni alcuni aspetti fondamentali del concetto di landmark e costituisca, per certi versi, una vera e propria 'matrice' territoriale. Infatti, proiettando in superficie le strutture sotterranee si ottiene la genesi formale dell'insediamento del territorio con le varie strutture di supporto, che è anche e soprattutto genesi funzionale – così come accade per tutto il Laboratorio.

Se la scala territoriale è fondamentale per comprenderne l'impatto non solo simbolico, ma



Figg. 4, 5 | The Intersecting Storage Rings (ISR): construction of the main base; laying of a magnet module (credits: CERN Photos Archive, 1969).

soprattutto concreto, una discesa di scala consente di comprendere meglio la consistenza del Laboratorio come ultima emanazione di un campionario pressoché infinito di elementi. Infatti, l'equilibrio d'insieme nasce dalle relazioni minute che si osservano meglio nella verifica diretta, a tu per tu, delle varie scale delle strutture. Attraversare e misurare, rispetto alla 'scala' umana, gli spazi esterni e interni del CERN è fondamentale per comprendere appieno la meccanica di questo sistema complesso.

Il CERN è nato da bisogni precisi, specifici nella loro genesi scientifica. Christopher Alexander, nell'ambito dello studio delle matrici della complessità, ha sollevato la necessità di «[...] estendere il concetto di 'bisogno'. Questo concetto presenta molti difetti: esso può facilmente essere non oggettivo, non fornisce indicazioni sul genere di forma che soddisfa un bisogno e, peggio di tutto, è troppo ristretto. [...] Sostituirò quindi il concetto di 'bisogno' con quello di 'forza'. Una forza è un'invenzione. È una forza motrice inventata che riassume qualche tendenza ricorrente e inesorabile in natura» (Alexander, 1976, pp. 119, 120). Le forze di Alexander sono ricondotte a una serie di sistemi: umano, meccanico, termodinamico, sociale; inoltre «[...] le forze generano la forma. Nel caso di certi semplici sistemi naturali, questo vale alla lettera. Nel caso di sistemi complessi fatti dall'uomo, è soltanto una metafora» (Alexander, 1976, p. 121).

Il CERN, nella sua relazione con il paesaggio e nella conformazione che assume via via scendendo di scala, incarna entrambi i poli del ragionamento di Alexander: unendo il 'naturale' dei fenomeni che riproduce e indaga, e l'artificiale degli apparati strumentali e delle strutture che servono a questi scopi. Ne risulta un unico atto formale: il sistema ad anello replica-

to in più esemplari di dimensioni crescenti. La complessità connaturata in questa situazione comporta la necessità di ricorrere all'approccio 'relazionale' indicato da Alexander. Così viene definito un metodo aperto a un campo vasto di fattori e condizionamenti, senza compromessi sintetici improntati alla semplificazione per sottrazione. Così come si può collocare al crocevia del ragionamento di Alexander su 'naturale' e 'artificiale', il CERN può anche rappresentare, nell'insieme di tutti i livelli, la logica e il principio delle relazioni come origine di un ordine rinnovato (Kalb, 2014).

L'interpretazione del CERN come 'spazio abitato' fa parte di questo campo allargato di relazioni. Il tema è perfettamente inquadrabile alla scala architettonica, secondo prospettive in evoluzione sul concetto di 'abitare' (Dottorini, 2017) che ne ampliano il significato ben oltre i confini della domesticità. La presenza delle persone all'interno degli spazi del CERN – 'abitati', tuttavia, anzitutto da macchine straordinarie – è un fattore che incrementa ulteriormente la complessità del sistema in termini di comprensione e di organizzazione. Lo spazio creato dai macchinari è inconsueto e peculiare, ma non meno contraddistinto da valori e significati rilevanti anche in ambito architettonico.

**Riflessioni conclusive** | Quotidianamente il CERN va alla ricerca della 'unità difficile' sia delle teorie e dei pensieri che della gestione di strutture e di attrezature uniche al mondo (Fig. 12). Allo stesso tempo, il CERN va costantemente alla ricerca della 'unità difficile' intesa come una teoria complessiva, che spieghi il funzionamento del nostro mondo, che ancora ci sfugge per la maggior parte. «[...] C'è una situazione paradossale al centro della nostra conoscenza del mondo fisico. Il Novecento ci

ha lasciato [...] la relatività generale e la meccanica quantistica. Sulla prima sono cresciute la cosmologia, l'astrofisica, lo studio delle onde gravitazionali, dei buchi neri e molto altro. La seconda è diventata la base della fisica atomica, della fisica nucleare, della fisica delle particelle elementari, della fisica della materia condensata e molto altro. Due teorie prodighe di doni e fondamentali per la tecnologia odierna, che hanno cambiato il nostro modo di vivere. Eppure le due teorie non possono essere entrambe giuste, almeno nella loro forma attuale, perché si contraddicono l'un l'altra. [...] Il paradosso è che entrambe le teorie funzionano terribilmente bene» (Rovelli, 2014, pp. 47, 48).

Robert Venturi ha espresso la sua interpretazione della complessità in un libro che ha ancora oggi un impatto straordinario sull'architettura (Costanzo, 2016). In particolare ha affrontato il problema della molteplicità dei livelli e delle scale coinvolti (Fig. 13) sottolineando che «[...] un'architettura valida stimola molti poli di interesse e molti livelli di significato: il suo spazio ed i suoi elementi sono leggibili e fruibili contemporaneamente in molti modi allo stesso tempo. Ma un'architettura basata sulla complessità e sulla contraddizione richiede un impegno speciale verso l'insieme: la sua reale validità deve essere nella sua totalità, o nelle sue implicazioni di totalità. Essa deve perseguire la difficile unità dell'inclusione piuttosto che la facile unità dell'esclusione» (Venturi, 2005, p. 16). La molteplicità che contraddistingue le strutture del CERN comporta contemporaneamente contraddizioni e complessità, in una ricerca che non si limita alla lettura data da Venturi, ma che attraversa gran parte del pensiero architettonico (Bachman, 2008).

Sono stati presentati alcuni ragionamenti che possono fare del CERN un caso paradigmatico.

matico nelle considerazioni sulle implicazioni e i metodi di un progetto ‘pluri’ o ‘multi’ scalare. Il tentativo di governare la complessità della condizione stabilita dal CERN a livello paesaggistico non potrebbe essere interpretato con un approccio tradizionale ai territori peri-urbani, per quanto eventualmente improntato alle più evolute pratiche internazionali (Allegri, 2015), ma richiederebbe piuttosto una visione simile a quella dell’infrastructural urbanism (Allen, 1999) per poter controllare tutti gli elementi in gioco – il CERN, non a caso, potrebbe anche essere assimilato a un’infrastruttura, per quanto le sue relazioni con il paesaggio non avvengano nel modo più convenzionale per questo genere di tema. Inoltre, le strutture del CERN alla scala architettonica appaiono come degli oggetti per lo più estranei alla più consueta pratica disciplinare, stabilendo la necessità di focalizzare l’attenzione su una serie di temi specifici che, tuttavia, trovano un significato nuovo e speciale solo all’interno di un quadro d’insieme che non prescinda da legami e rapporti trasversali tra le parti. Entrambi questi tentativi, a due scale qualitativamente significative, si svolgono attraverso ‘progetti’ che il punto di vista dell’architettura legge in termini più ampi, soprattutto come riflessione sul senso che questo strumento assume rispetto alle questioni della teoria e della pratica.

Il CERN, considerato contemporaneamente in tutte le scale, è la perfetta dimostrazione che «[...] l’unità difficile, da raggiungere attraverso il processo inclusivo e non l’unità facile, ottenuta attraverso il processo esclusivo» (Venturi, 2005, p. 106) costituisce l’obiettivo principale del progetto come strumento generale di governo delle problematiche e delle soluzioni. Il progetto multiscalare di successo si misura, così, con la sua capacità di produrre risultati efficaci quanto un acronimo, quale sintesi sostanziale e formale. CERN è un perfetto acronimo in tutti i sensi.

---

The European Organization for Nuclear Research is indicated by the acronym CERN, referring to the first name – Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire – of this international and intergovernmental Institution devoted to scientific research, especially in the field of particle physics. CERN indicates both the Organization and also its structures and laboratories, located near Geneva and straddling the border between Switzerland and France (Fig. 1). CERN operates based on intense international collaboration – twenty-three full member Countries and sixty-three other Nations participate in the activities. Here were made some of the most relevant discoveries of the last decades in the field of elementary particle physics, up to the most recent and essential: the detection of the Higgs boson in 2012. A network of six particle accelerators and decelerators, on which it stands the Large Hadron Collider (LHC), ensures such extraordinary results.

CERN’s relevance also lies in the role it has gained in the collective imagination, almost as a mass culture phenomenon. During the Open

Days<sup>1</sup> of 14-15 September 2019 (Fig. 2), about 75,000 people visited it. The Laboratory deals with investigating the fundamental mechanisms of nature, starting from the origin and development of the cosmos, on which public attention is extreme. The knowledge of natural phenomena concerns the habitat of all of us, but it also enters our spiritual dimension and the different relationships that civilizations have with the ‘divine’. Science has partially replaced divinities and religions in the explanation of the world and humanity itself, in the process of progressive secularization. The Laboratory’s scientific research embodies many of these themes and, therefore, gets the general interest. Furthermore, the man-artifex – in a world increasingly dominated by all that is artificial – seems to control everything through the tools of science and technology, which are increasing their influence in collective perception. The desire to consolidate this domain – which is challenged by the occurrence of extreme conditions in which nature returns to impose itself as the arbiter of our destiny – pushes us at the same time to refine the control of the artificial and to explore more deeply the nature. CERN is an excellent tool for both purposes.

The interest in CERN is not limited to the knowledge of the extraordinary discoveries he makes, but also includes many other cultural links, which make him the protagonist of numerous ‘collateral’ projects, such as the recent photographic reportage by Alastair Philip Wiper. The Arts at CERN Program<sup>2</sup>, established in 2011, deals in an almost pioneering way with collaborating artists and scientists, to experience how much creativity and curiosity are the main tools of the progress of knowledge, not only scientific. The results are relevant: the many initiatives prove a particularly productive and meaningful relationship. This program also offers periods of residence at CERN for artists who can work within its facilities. THUTOAH – The Holographic Universe Theory of Art History (Treister, 2020) was made during one of these stays. It combines a collection of more than 25,000 images taken from the history of art, arranged chronologically, and the reproduction of the audio recording of interviews with three CERN scientists – John Ellis, Alessandra Gnechi, and Wolfgang Lerche. The aim is to investigate the principles of holography underlying the theory that interprets our universe as a vast and complex hologram. As in a sort of paraphrase, the artist Suzanne Treister imagined the flow of artistic images, speeded up as if it were an accelerator of particles, to become a representation of the hypothesis on the holographic nature of reality.

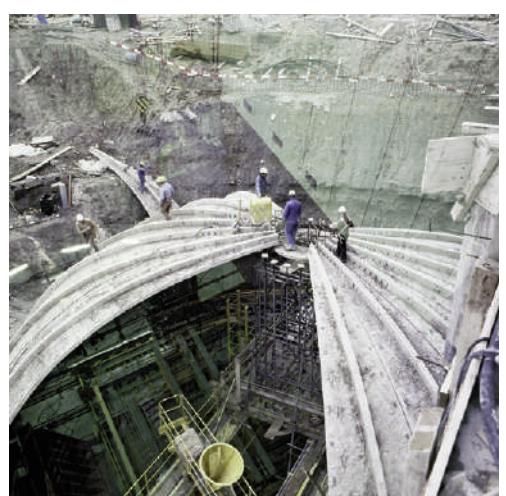
Therefore, CERN covers many different topics. It binds nature and artifice and embodies the aspirations of the public for the knowledge of both spheres. This ability to produce knowledge about life comes from its essence of machine purely artificial and extraordinarily complex. Beyond the passion shown by the public, this essay wants first of all to bear witness to the planning and organizational logic of CERN and to offer some interpretative ideas.

**Paradigm** | «1. Esempio, modello. [...] 3. Nel

linguaggio filosofico, termine usato da Platone per designare le realtà ideali concepite come eterni modelli [...] e da Aristotele per indicare l’argomento, basato su un caso noto, a cui si ricorre per illustrare uno meno noto o del tutto ignoto. Con altro significato il termine è stato recentemente introdotto nella sociologia e nella filosofia della scienza per indicare quel complesso di regole metodologiche, modelli esplorativi, criteri di soluzione di problemi che caratterizza una comunità di scienziati in una fase determinata dell’evoluzione storica della loro disciplina: a mutamenti di paradigma sarebbero in tal senso riconducibili le cosiddette ‘rivoluzioni scientifiche’» (Treccani, 2020).

The CERN case-study is suggested here as a model of the multiscalar project and its complexity. Its exemplary lies in the ‘complex of methodological rules’ which is the design process, from any perspective you consider it. ‘Project’ is not only technical documentation, but also represents an intellectual tool for architecture conceived as the ‘art of building’, or even a real link between theory and practice (Capozzi and Visconti, 2017). Even, it is essential to focus on the system of connections – in development or already operational – that exist in a context, to observe the sense ties established between the parties. However, relationships exist starting from elements, in a sense expressed by the second part of the definition of ‘paradigm’: «2. Nella linguistica moderna, l’insieme degli elementi della frase che contraggono tra loro una relazione virtuale di sostituibilità» (Treccani, 2020). Therefore, even relationships in absentia<sup>3</sup> are foreseen, when the links can recall elements outside the discourse but on the same context. CERN has an open system/organism nature, demonstrated by its ability to adapt and implement over the decades, which reinforces the idea of a sum of elements.

However, such a condition does not constitute a fragmented entity in which mere juxtaposition occurs or where the autonomy of one part wins due to too weak links. The whole Laboratory is more than the sum of its parts because their ties re-qualifies the values expressed by each component. CERN is a struc-



**Fig. 6** | The Super Proton Synchrotron (SPS): construction of the dome for the central part of the UA1 experiment (credit: CERN Photos Archive, 1980).



**Fig. 7** | Tunnel work for the future High Luminosity Large Hadron Collider (HL-LHC), 16 August 2019 (credit: M. Brice, CERN Photos Archive).

ture and also has a structure, in a broad sense. Linguistics, which Roland Barthes regarded as the pure science of structure, provides an exact interpretation: «[...] Saussure's proposition, that 'language is a system of inter-dependent terms in which the value of each term results solely from the simultaneous presence of the others' [...] suggested that the study of language could be approached by asking not what words meant, only how they carried meaning. What made language intelligible was not meanings attached to particular words, but the system within which they were used» (Forty, 2012, p. 283). Architecture itself can be understood as an 'intellectual scheme through which things are made intelligible', albeit with many variables. «[...] The schema may be identified through any one of a variety of elements: the most usual are the arrangement of tectonic parts; the masses – or their negative, volumes or 'spaces'; system of interconnection or of communication. None of these are themselves a 'structure', only signs that give cause for the perception of 'structure'» (Forty, 2012, p. 276).

This idea, if shared – for example by Herman Hertzberger (2009) regarding the question of flexibility<sup>4</sup> – or opposed – among others by Bernard Tschumi, if 'structuralism' means «[...] to dematerialise architecture into the realm of concepts» (Tschumi, 1996, p. 68) – represents an essential contribution to the development of architectural thought. Moreover, it provides an inclusive medium between theoretical and operational discourse, since where this meaning of 'structure' can be applied it is always possible to use also more general definitions, indicated by Forty himself: 'any building in its entirety' and 'the system of support of a building'

as that distinct element from the whole'. To achieve the desired results, each part of CERN is as crucial as its operations as a whole. The activity that takes place in the Laboratory crosses all its systems transversely, creating a perfect correspondence between forces and forms – similar to that discussed in another context by Christopher Alexander. The CERN case is significant precisely because of this intertwining of fundamental relationships, so innate in the very essence of the function – scientific research – that the structure must fulfil.

**The scientific project** | The birth of CERN stemmed from the European awareness of having to create a large research structure in the field of Physics and that it would only be possible by combining efforts. The Convention, in full post-war spirit, states that «[...] The Organization shall have no concern with work for military requirements, and the results of its experimental and theoretical work shall be published or otherwise made generally available» (CERN, 2020). It was signed in 1953 by the eleven Countries who joined the preliminary agreements – Belgium, Denmark, France, Greece, Italy, Yugoslavia, Norway, Holland, the Federal Republic of Germany, Sweden, Switzerland – with the addition of the United Kingdom. The Organisation Européenne pour la Recherche Nucléaire<sup>5</sup> became operational from the following year, however maintaining the original acronym CERN. The general design of the laboratory was entrusted to Lew Kowarski, who first had put forward the proposal for a large particle accelerator.

The construction of the Laboratory began in Meyrin, near Geneva, on May 17, 1954. The design, carried out simultaneously, of the first

two large particle acceleration machines, had been carried out in the previous two years, having to become operational in close succession. The 600 MeV Synchrocyclotron (SC) came into operation in 1957, providing the material for CERN's first studies on particle and nuclear physics. In 1964 SC was dedicated exclusively to experiments on nuclear physics, given the start in 1959 of the Proton Synchrotron (PS), capable of the power of 28 GeV. Its operational capacity was then significantly enhanced by increasing the intensity of the proton beam up to a thousand times the original so that it could support other instruments, especially those made during the 1970s (Fig. 3).

Thanks to this exceptional endowment of facilities and machinery for experiments, CERN achieved its first great goals. In 1965 the team led by Antonino Zichichi experimentally demonstrated some anti-particle properties, hitherto only theorized. However, the launch of a single particles beam against a fixed target represented a limit which – based on 1950s theories and projects – represented the next challenge for CERN. The construction of structures and machinery foresaw the use of PS to generate two distinct particles beams within two interconnected rings. The general project of the ISR – Intersecting Storage Rings (Fig. 4) was approved in 1965 under the direction of Kjell Johnsen, while Franco Bonaudi was responsible for the construction (Fig. 5). It was still far from the large underground rings that today characterize CERN, but this project represented a decisive leap forward. On January 27, 1971, the registration of the first interaction in the world between two colliding beams of protons was announced, and for the following thirteen years the ISR provided the data to develop knowledge on the world of particles.<sup>6</sup>

The next step consists in a real change of scale. Super Proton Synchrotron (SPS) was the first of CERN's gigantic underground rings, with its 7 kilometres in circumference 40 meters underground, and was also the first to cross the Franco-Swiss border. The project was implemented during its construction, allowing its completion in just four years, two earlier than expected, using more than a thousand magnets and providing it with much higher power than expected. On June 17, 1976, the SPS started for the first time, with full operation for a maximum beam energy of 400 GeV. SPS immediately became the heart of CERN's research programs, providing particle beams, of different types, for the two main experimental areas and reaching some important discoveries<sup>7</sup>. SPS is still operational today and has reached 450 GeV of power, thanks to a complex of 1,317 conventional electromagnets<sup>8</sup>, including 744 dipoles necessary for the curvature of the trajectory of the particles in the ring.

Certain enhancement of the equipment also concerned limited but substantial innovations. The invention in 1968 by Georges Charpak of the Multiwire Proportional Chamber<sup>9</sup>, thanks to the connection to a computer, allowed to achieve unprecedented speed and precision in detections. Besides, a new touch-screen system developed by Frank Beck and Bent Stumpe between 1972 and 1973 would

be introduced in control rooms from 1976, becoming the basis for all contemporary consumer electronics. On April 4, 1981, the world's first proton-antiproton collision took place within ISR. From that experience came the idea of converting SPS into a proton-antiproton collider. Quite soon the experiments called UA1 (Fig. 6) and UA2 were launched in search of the collision that allowed the observation of the W and Z bosons, a key discovery for the knowledge of the phenomenon of weak interaction between the particles. On April 30, 1983, as part of the UA1 experiment, the first particle, Z<sub>0</sub>, was observed indirectly. Carlo Rubbia and Simon van der Meer in 1984 were awarded the Nobel Prize for this discovery; van der Meer had been the creator of the stochastic cooling technique, while Rubbia not only planned the conversion of SPS but was the Coordinator of the entire UA1 program. A new class of experiments kicked off in 1986 intending to study the atomic bonds of quarks and whether or not to confirm theories on the conditions of the universe in the moments following the Big Bang, through the acceleration of heavy ions – very rich nuclei of neutrons and protons – within SPS.

The future of CERN is always planned well in advance. On February 8, 1988, the tunnel for the Large Electron-Positron Collider (LEP) was completed: 27 kilometres in circumference, and it was the largest work in Europe before the tunnel under the English Channel. LEP is still the largest electron-positron accelerator ever built, with its 5,176 magnets and 128 acceleration cavities, characterized by an initial power of 100 GeV, then increased up to a maximum of 209 GeV. In 2000 it was abandoned, as scheduled, to make way for the Large Hadron Collider (LHC) inside the same tunnel. The preparation of the experiments that rely on this machine had already started in 1997. ATLAS, partly operational since 2006, is one of these experiments: it presented the largest superconducting magnets ever made, with exceptional performance. All new experiments were ready for September 10, 2008, when LHC was launched with ambitious goals, almost all of which were successful. Among many, the progress in the knowledge of antimatter and the observation of the Higgs boson. Preparation of new tunnels is currently underway for the next generation of the accelerator, the LH-LHC – High-Luminosity Large Hadron Collider (Fig. 7).

**The other side of the project** | CERN is a product of pure function that comes from the foundations of science and scientific programs that animate its equipment. Functionality is the only ‘voluntary’ parameter implemented in the design and construction of this Centre. However, the analysis of the Laboratory cannot be limited to the consideration of what were the original wishes and their effects but must judge the product itself, in its completeness and according to parameters that may also differ from the initial ones. So, it is with architecture and its specific point of view. CERN is a collective outcome. Each discovery is the result of the work of those who follow the planning and de-

velopment of research programs, in addition to the fundamental contribution of those who formulated the basic ideas. CERN is also an inhabited space: it is the place at the centre of the daily life of thousands of people – from those who work in the supply chain to those interested in the management of all structures, buildings, environments and equipment. These ‘inhabitants’ are animated not only by a professional duty but mostly live their work with an authentic passion, establishing a particularly intense relationship with this particular habitat.

CERN is an overall item. The Laboratory, read and perceived as a whole, embodies a bright, operational and successful entity. The parts that compose it increase in number and decrease in size as the gaze approaches. So, on the level at which you stop, on a pure component or aggregate system, there corresponds a certain degree of depth and understanding. Even what is not touched directly is also considered to some extent, because it nevertheless contributes to defining the overall identity. The point of view, as a variable, is expressed through the ‘scale’ parameter declined according to two main approaches: quantitative and qualitative. In a quantitative sense, scales are an extraordinary tool for controlling and organizing possible points of view, according to regulatory standards that allow us to compare, thanks to a shared metric used both in research and in the project. It is a technical interface, a conventional system made of progressive dimensional leaps: 1:20, 1:100, 1:500, 1:10,000 and so on.

Scales, as definitions of correspondence between a given technical representation and the real world, can also be expressed in a series of qualitative and synthetic indications, focused on communicating first of all the orders of magnitude involved and the values that emerge from each. The two main ones – those who are of most significant interest here – are the territorial and architectural scales.

The territorial scale includes aerial and satellite views, in which a general and overall framework is created and from which the intertwined relationships between all the natural and anthropic elements emerge (Fig. 8). ‘Territory’ is both a geographical and political theme. Still, it also clearly expresses a unit of analysis (Miraglia, 2016) precisely for its ability to represent human-nature and society-environment interactions in all their intensity, albeit from a perspective in which numerous factors are concentrated simultaneously. ‘Territory’ is flanked by ‘landscape’, according to a broad and open interpretation: «[...] Landscape’s traditional terrain is the extended horizontal surface; more recently, it has been extended to topographic surfaces that are folded, warped, bent or striated. This has an obvious attraction to architects today, where surface has become a primary instrument in design. [...] landscape surfaces are always differentiated by their material and performative characteristics» (Gausa et alii, 2008, p. 382). The field then expanded further, with a tendency sometimes to hybridize the two concepts – Landscape as Territory (Sanjuán, 2019) – which effectively describes a research area that is still much debated.

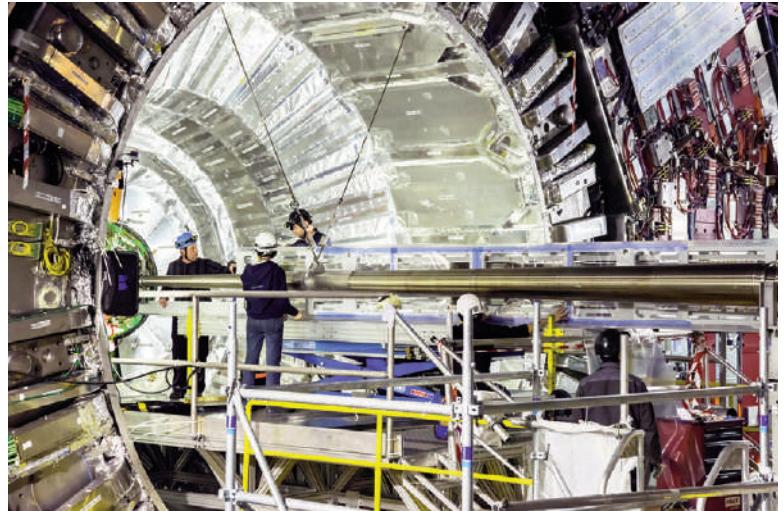
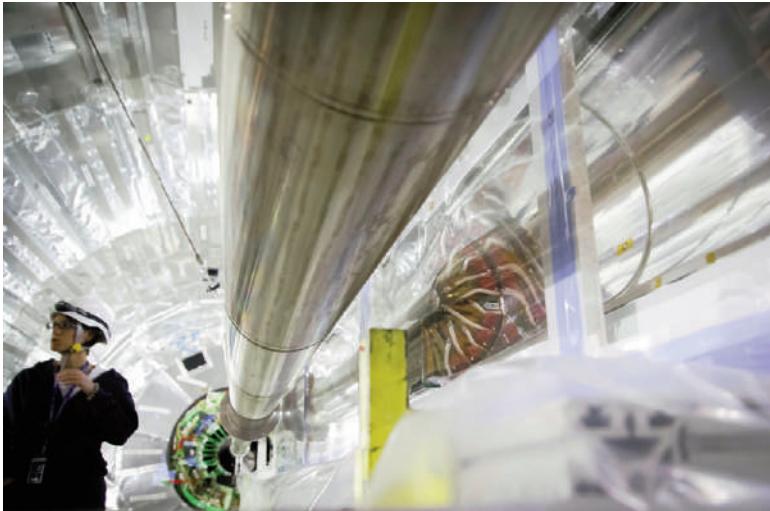


**Fig. 8** | Aerial view of the territory occupied by the CERN plants, with underground tunnel tracks, June 1986 (credit: J.-L. Caron, CERN Photos Archive).

**Fig. 9** | Aerial view of the CERN site of Meyrin, 8 April 2020 (credit: M. Struijk, CERN Photos Archive).

**Fig. 10** | Aerial view of the buildings on the ALICE experiment site, LHC Point 2, 2 October 2019 (credit: Y. Kharlov, CERN Photos Archive).

**Fig. 11** | Opening ceremony on the ‘Esplanade des Particules’ and view of the ‘Globe of Science and Innovation’, designed by Studio Bürgi (credit: CERN Photos Archive, 2018).



**Figg. 12, 13** | The Compact Muon Solenoid (CMS): detail of the innermost section of a component; central section (credits: N. Caraban Gonzalez, 2014, CERN Photos Archive).

Beyond the approach on the topic, the starting point can only be the specific context of interest. Switzerland is going through a transition phase of its territorial characteristics (Price, 2015) and the Geneva area is not excluded. This south-western area of Swiss territory is centred on the Geneva settlement and its suburbs (Lancy, Vernier, Meyrin, Le Grand-Saconnex, Pregny-Chambésy, Collex-Bossy and more, but in France, Ornex, Versonney, Ségny, Prévessin-Moëns and so on) to which are added a series of infrastructures, both automotive and airport, and also the CERN's structures (Fig. 9). These essentially consist of a long series of settlements similar to the industrial type (Fig. 10). All these presences are distributed among cultivated fields, meadows and woods, which completely dominate the landscape. In this wealth of traces, although of very different origin and impact, the signs of the presence of CERN are minimal, almost invisible, excluding the two main sites of Meyrin (Fig. 11) and Prévessin which stand out only by extension.

The Laboratory does not establish a landmark in the area, neither from the aerial views nor from the perspective of an observer who normally explores the landscape. What can be observed on the surface are a series of fenced areas with sheds, various deposits and office buildings inside. The insertion into the landscape takes place gently and harmoniously, perhaps due to the mutual indifference that CERN and its context seem to demonstrate each other, as a condition of cohabitation that is not casual, but rather usual and well assimilated. All these 'episodes' in the peri-urban and agricultural territory between Switzerland and France are the fundamental support for the underground activities of the Laboratory, a mammoth but invisible trace of CERN. By ideally joining the surface presence, the underground tracks are easily reconstructed.

At the territorial scale, therefore, CERN does not appear, except in diagrammatic reconstructions and in technical representations that push the ideal section plane into the depths of the earth. Once this is done, we perceive how instead CERN embodies some fundamental aspects of the concept of landmark

and constitutes, in some ways, a real territorial 'matrix'. In fact, by projecting the underground structures to the surface, the formal genesis of the installation of the various support structures in the territory is obtained. It is also and above all, functional genesis – as it happens throughout the Laboratory.

If the territorial scale is fundamental to understand the impact of CERN on the landscape, not only in symbolic but above all concrete terms, a descent of scale allows to understand better the consistency of the Laboratory as a product of an almost infinite sample of elements. The overall balance arises from complicated relationships that are best observed in the direct, face-to-face verification of the various scales of the structures. Crossing and measuring the external and internal spaces of CERN concerning the human 'scale' is fundamental to understand the mechanics of this complex system fully.

CERN was born from specific needs with a scientific genesis. Christopher Alexander, while studying the matrices of complexity, raised the need for «[...] estendere il concetto di 'bisogno'. Questo concetto presenta molti difetti: esso può facilmente essere non oggettivo, non fornisce indicazioni sul genere di forma che soddisfa un bisogno e, peggio di tutto, è troppo ristretto. [...] Sostituirò quindi il concetto di 'bisogno' con quello di 'forza'. Una forza è un'invenzione. È una forza motrice inventata che riassume qualche tendenza ricorrente e inesorabile in natura» (Alexander, 1976, pp. 119, 120). Alexander's forces are traced back to several systems – human, mechanical, thermodynamic, social – and they «[...] generano la forma. Nel caso di certi semplici sistemi naturali, questo vale alla lettera. Nel caso di sistemi complessi fatti dall'uomo, è soltanto una metafora» (Alexander, 1976, p. 121).

CERN embodies, in the relationship with the landscape and the consistency of its structures at all scales, both references used by Alexander: on the one hand the natural systems are both the source and the object of his experiments, on the other all this it is carried out through complex and artificial systems. These two aspects produce a single formal

act: the ring system replicated in several specimens of increasing size. The complexity inherent in this situation entails the need to resort to the 'relational' approach indicated by Alexander. This defines a method open to a vast field of factors and conditions, without synthetic compromises based on simplification by subtraction. Just as it can be placed at the crossroads of Alexander's 'natural' and 'artificial' reasoning, CERN can also represent, at any scale taken into consideration, the logic and principle of relationships as the origin of a renewed order (Kalb, 2014).

The interpretation of CERN as 'inhabited space' is part of this enlarged field of relationships. The theme is perfectly framed on the architectural scale, according to evolving perspectives on the concept of 'living' (Dottorini, 2017) which broaden its meaning far beyond the boundaries of domesticity. The presence of people inside CERN spaces – 'inhabited', however, first of all, by extraordinary machines – is a factor that further increases the complexity of the system in terms of understanding and organization. The space created by the machinery is unusual and peculiar, but no less characterized by relevant values and meanings also in architecture.

**Conclusions** | Every day CERN goes in search of the 'difficult unity' of both theories and thoughts and of the management of structures and equipment unique in the world (Fig. 12). At the same time, CERN is constantly looking for the 'difficult unity' understood as an overall theory, which explains the functioning of our world, which still eludes us for the most part. «[...] C'è una situazione paradossale al centro della nostra conoscenza del mondo fisico. Il Novecento ci ha lasciato [...] la relatività generale e la meccanica quantistica. Sulla prima sono cresciute la cosmologia, l'astrofisica, lo studio delle onde gravitazionali, dei buchi neri e molto altro. La seconda è diventata la base della fisica atomica, della fisica nucleare, della fisica delle particelle elementari, della fisica della materia condensata e molto altro. Due teorie prodighe di doni e fondamentali per la tecnologia odierna, che hanno cambiato il nostro modo di vivere.

Eppure le due teorie non possono essere entrambe giuste, almeno nella loro forma attuale, perché si contraddicono l'un l'altra. [...] Il paradosso è che entrambe le teorie funzionano terribilmente bene» (Rovelli, 2014, pp. 47, 48).

Robert Venturi expressed his interpretation of complexity in a book that still has an extraordinary impact on architecture (Costanzo, 2016). In particular, he addressed the problem of the multiplicity of levels and scales involved with this theme (Fig. 13) emphasizing that «[...] A valid architecture evokes many levels of meaning and combinations of focus: its space and its elements become readable and workable in several ways at once. But an architecture of complexity and contradiction has a special obligation toward the whole: its truth must be in its totality or its implications of totality. It must embody the difficult unity of inclusion rather than the easy unity of exclusion» (Venturi, 1992, p. 16). The multiplicity that distinguishes the structures of CERN presents contradictions and complexities, in a sense that

is not limited to the reading given by Venturi, but that runs through much of contemporary architectural thought (Bachman, 2008).

The reasoning presented here hypothesizes CERN as a paradigmatic case for the theory and methods of a 'multi-scalar' project. The attempt to manage the complexity of the condition of CERN at the territorial scale could not be interpreted with a traditional approach to peri-urban territories, although eventually based on the most advanced international practices (Allegri, 2015). Rather, it requires a vision similar to that of infrastructural urbanism (Allen, 1999) in order to be able to control all the elements involved – CERN, not surprisingly, could also be assimilated to an infrastructure, as far as its relations with the landscape are concerned in a non-conventional way. Furthermore, CERN structures at the architectural scale appear as objects mostly extraneous to the most usual disciplinary practice, and therefore require to be addressed starting from some specific themes. This operation gives it a

new and special meaning, especially within an overall framework that naturally enhances the ties and transversal relationships between the parties. Attempts to investigate these two qualitatively significant scales take place through 'projects' which the point of view of architecture reads above all in the sense of an instrument halfway between theory and practice.

CERN, considered simultaneously on all scales, is the perfect demonstration that «[...] the difficult unity through inclusion rather than the easy unity through exclusion» (Venturi, 1992, p. 88) is the main goal of the project as a general tool for managing problems and solutions. The successful multiscale project is thus measured by its ability to produce results as effective as an acronym, as a substantial and formal synthesis. CERN is a perfect acronym in every respect.

## Notes

1) Full reports and data can be viewed on the website [opendays.cern](http://opendays.cern) [Accessed 1st March 2020].

2) Full information can be found on the website [arts.cern](http://arts.cern) [Accessed 25 April 2020].

3) The term 'paradigmatic' was introduced into modern linguistics by Louis Hjelmslev, replacing 'associative' by Ferdinand de Saussure and 'memorial' by Henri Frei.

4) «[...] What we are looking for is a way of thinking and acting that can lead to a different 'mechanism' (in linguistic terms you would say a paradigm) which is less fixed, less static, and which is therefore better equipped to meet the challenge that twentieth century society in all its complexity puts to the architect. [...] Structuralism has shown how effective this process is in language, and my persistent reference to this is because it thus indicates a direction for architecture. Even though architecture is still so often conceived as a system of communication, it is not merely a language, although there are a number of analogies» (Hertzberger, 2009, p. 148).

5) Officially known worldwide as the European Organization for Nuclear Research.

6) Among the many and essential results, it was within this project that Simon van der Meer's idea of producing very intense beams was demonstrated through a process called 'stochastic cooling'.

7) The SPS participated in research programs on the internal structure of protons, the prevalence of matter over antimatter, the condition of concern in the first moments after the Big Bang and finally the discovery of exotic genres of matter.

8) These are magnets whose operation takes place at room temperature.

9) It is a container filled with gas with a high number of sensor-cables arranged in parallel and connected to independent amplifiers.

## References

Alexander, C. (1976), "Da un insieme di forze a una forma", in Los, S. (ed.), *L'organizzazione della complessità*, Il Saggiatore, Milano, pp. 117-138.

Allegri, D. (2015), "Piattaforma peri-urbana strategica – Modelli e tecnologie per la valorizzazione di pae-

saggi complessi | Strategic peri-urban platform models and technologies for the improvement of complex landscapes", in *Techne / Journal of Technology for Architecture and Environment*, vol. 10, pp. 93-101. [Online] Available at: [doi.org/10.13128/Techne-17505](https://doi.org/10.13128/Techne-17505) [Accessed 25 April 2020].

Allen, S. (1999), *Points + Lines – Diagrams and Projects for the City*, Princeton Architectural Press, New York.

Bachman, L. R. (2008), "Architecture and the Four Encounters with Complexity", in *Architectural Engineering and Design Management*, vol. 4, issue 1, pp. 15-30.

Capozzi, R. and Visconti, F. (2017), "Il progetto di architettura come nesso tra teoria e prassi | The architectural project as a link between theory and practice", in *Techne / Journal of Technology for Architecture and Environment*, vol. 13, pp. 100-108. [Online] Available at: [doi.org/10.13128/Techne-19741](https://doi.org/10.13128/Techne-19741) [Accessed 30 March 2020].

CERN (2020), *Our History*. [Online] Available at: [home.cern/about/who-we-are/our-history](http://home.cern/about/who-we-are/our-history) [Accessed 30 March 2020].

Costanzo, D. (2016), "Learning from Venturi – Complexity and Contradiction at 50", in *Architectural Research Quarterly*, vol. 20, issue 4, pp. 293-296.

Dottorini, D. (2017), "Lo spazio del reale: l'abitare, il movimento, l'inappropriabile", in *Cinergie – Il Cinema e le altre Arti*, n. 10, pp. 72-79. [Online] Available at: [doi.org/10.6092/issn.2280-9481/6821](https://doi.org/10.6092/issn.2280-9481/6821) [Accessed 25 April 2020].

Forty, A. (2004), *Parole e edifici – Un vocabolario per l'architettura moderna* [en. ed. *Words and Buildings – A vocabulary of modern architecture*, 2012], Pendragon, Bologna.

Gausa, M., Guallart, V., Müller, W., Soriano, F., Porras, F. and Morales, J. (2008), *The Metropolis Dictionary of Advanced Architecture – City, technology, society in the information age*, Actar, Barcellona.

Hertzberger, H. (2009), *Lessons for students in architecture*, 010 Publishers, Rotterdam.

Kalb, J. (2014), "Life in Design: Christopher Alexander and the Nature of Order", in *International Journal of Architectural Research*, vol. 8, issue 2, pp. 94-98. [Online] Available at: [archnet.org/publications/9769](https://archnet.org/publications/9769) [Accessed 25 April 2020].

Miraglia, M. (2016), "El territorio como unidad de

análisis en la historia Ambiental y la geografía histórica | The territory as unit of analysis in Environmental History and Historical Geography", in *Expedições / Teoria da História e Historiografia*, vol. 7, n. 2, pp. 40-55. [Online] Available at: [www.revista.ueg.br/index.php/revista\\_geth/article/view/5722](http://www.revista.ueg.br/index.php/revista_geth/article/view/5722) [Accessed 25 April 2020].

Price, B., Kienast, F., Seidl, I., Ginzler, C., Verburg, P. H. and Bolliger, J. (2015), "Future landscape of Switzerland – Risk areas for urbanisation and land abandonment", in *Applied Geography*, vol. 57, pp. 32-41. [Online] Available at: [doi.org/10.1016/j.apgeog.2014.12.009](https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2014.12.009) [Accessed 25 April 2020].

Rovelli, C. (2014), *Sette brevi lezioni di fisica*, Adelphi, Milano.

Sanjuán, C. O. (2019), *Landscape as Territory*, Actar, Barcellona.

Treccani (2020), *Paradigma*. [Online] Available at: [www.treccani.it/vocabolario/paradigma](http://www.treccani.it/vocabolario/paradigma) [Accessed 30 March 2020].

Treister, S. (2020), "THUTOAH – The Holographic Universe Theory Of Art History", in *Artnodes*, n. 25, pp. 1-8. [Online] Available at: [doi.org/10.7238/a.v0i25.3323](https://doi.org/10.7238/a.v0i25.3323) [Accessed 12 March 2020].

Tschumi, B. (1996), *Architecture and Disjunction*, MIT Press, Cambridge (MA).

Venturi, R. (2005), *Complessità e contraddizioni nell'architettura* [or. ed. *Complexity and Contradiction in Architecture*, 1992], Edizioni Dedalo, Bari.

## IL PROGETTO DELLA SICUREZZA URBANA THE URBAN SECURITY PROJECT

Roberto Bolici, Matteo Gambaro

### ABSTRACT

L'obiettivo del presente saggio è rileggere criticamente la nascita e l'evoluzione delle metodologie progettuali mirate al miglioramento delle condizioni di sicurezza e di qualità di vita nelle città. In particolare, facendo riferimento al contesto culturale americano e alla nascita del CPTED (Crime Prevention Through Environmental Design) – che per primo ha sperimentato l'approccio ambientale alla sicurezza urbana – si analizzano tre recenti esperienze francesi dalla scala urbana a quella del manufatto edilizio e si fa il punto sulla realtà italiana, anche alla luce del recente Decreto Legislativo del 2017 e della Norma UNI del 2010 che delinea puntualmente un articolato approccio progettuale, di fatto inapplicato.

This essay aims to critically re-read the birth and evolution of design methodologies aimed at improving safety conditions and quality of life in cities. In particular, referring to the American cultural context and the birth of the CPTED (Crime Prevention Through Environmental Design) – that first experienced the environmental approach to urban safety – three recent French experiences are analyzed from the urban scale to that of the building artefact and the Italian reality takes stock, also in the light of the recent Legislative Decree of 2017 and the 2010 UNI Standard that punctually outlines an articulated design approach, in fact inapplicable.

### KEYWORDS

sicurezza urbana, CPTED, prevenzione del crimine, progettazione ambientale, spazio pubblico

urban security, CPTED, crime prevention, environmental design, public space

**Roberto Bolici**, Architect, is an Associate Professor at the Department of Architecture, Construction Engineering and Built Environment of the Polytechnic University of Milan (Italy). He carries out research and experimentation with public Institutions, mainly on the issues of technological innovation in the processes of redevelopment building and urban. Mob. + 39 338/92.91.559 | E-mail: roberto.bolici@polimi.it

**Matteo Gambaro**, Architect and PhD, is an Associate Professor at the Department of Architecture, Construction Engineering and Built Environment of the Polytechnic University of Milan (Italy). He carries out research and experimentation with public Institutions, mainly on the issues of technological innovation in the processes of redevelopment building and urban. Mob. + 39 348/30.32.672 | E-mail: matteo.gambaro@polimi.it

Il progetto della sicurezza urbana integrata è oramai una prassi consolidata, con sperimentazioni aviate a partire dagli anni '70 negli Stati Uniti e in epoca più recente in Francia e nei paesi anglosassoni. In particolare il Crime Prevention Through Environmental Design (CPTED), approccio multi-disciplinare incentrato sulla progettazione ambientale, intesa nella sua accezione più ampia di contesto urbano, rappresenta il riferimento culturale e operativo della maggior parte dei progetti contemporanei (Jeffery, 1971). Migliorare la qualità dello spazio fisico per ridurre il degrado e di conseguenza la criminalità: questo, sinteticamente, l'assunto su cui si basa il metodo CPTED. Quasi estranea a questa sperimentazione la realtà italiana, che sconta ancora un'evidente arretratezza culturale e una povertà di esperienze progettuali.

Nel 2017 il Governo italiano ha emanato il Decreto Legislativo n. 14 del 20 febbraio 2017, cosiddetto Decreto Minniti, che delinea un'articolata strategia volta a innalzare il livello della sicurezza urbana delle città (Presidente della Repubblica, 2017). È un passaggio importante perché il Legislatore prende atto dell'ormai diffusa consapevolezza che le criticità rinvenibili nel tessuto delle aree metropolitane e dei centri urbani sono il frutto di una serie di concasse, rispetto alle quali le manifestazioni delinquenziali o i comportamenti devianti rappresentano, spesso, uno degli ultimi anelli della catena. Pertanto, la risposta a questi fenomeni non può essere affidata agli interventi di un singolo interlocutore istituzionale, ma richiede la convergenza e la collaborazione di tutti i soggetti che a vario titolo operano sul territorio. Emerge quindi in modo inequivocabile l'importanza della progettazione fisica dello spazio pubblico e dei manufatti edilizi come fattori determinanti sui comportamenti, sulle abitudini e più in generale sui modi con cui gli abitanti vivono la città.

**La sicurezza urbana nel contesto culturale americano** | I primi studi che mettono in relazione i comportamenti sociali con le caratteristiche dell'ambiente fisico e culturale risalgono alla fine degli anni '30, quando alcuni professori universitari, guidati dal sociologo Robert Park, fondarono all'Università di Chicago la prima Scuola di Ecologia Sociale Urbana degli Stati Uniti d'America, nota come la Scuola di Chicago. Park (et alii, 1925) sviluppò uno studio sistematico della società urbana dimostrando come i fenomeni di devianza fossero condizionati dal contesto di appartenenza. Partendo da questi presupposti teorici, agli inizi degli anni '60, Elizabeth Wood avviò una sperimentazione concreta nei quartieri popolari di Chicago. La Wood si occupò per tutta la vita delle politiche volte al miglioramento delle condizioni di vita nei quartieri più poveri di Chicago, caratterizzati da problemi sociali, sanitari, da discriminazione razziale e criminalità, assumendo anche la carica di Direttore esecutivo della Chicago Housing Authority. Proprio in questa veste nel 1961 elaborò una articolata teoria, la Social Design Theory, basata sulla stretta relazione tra progettazione urbana e miglioramento della qualità di vita delle persone (Wood, 1961).

Diversa l'esperienza di Jane Jacobs, pur essendo condotta negli stessi anni. Nota a livello internazionale per una importante pubblicazione sulle città americane intitolata *Vita e Morte delle Grandi Città* (Jacobs, 2009), promosse teorie che criticavano esplicitamente e mettevano in discussione il modello di sviluppo modernista e razionalista, proponendo un nuovo modello incentrato sulla città a misura d'uomo. La sua lettura poneva l'attenzione sui caratteri morfologici e formali della città (strade, marciapiedi, isolati, densità, eterogeneità dei manufatti – presupposti fondamentali per la costruzione di luoghi sicuri), nonché sulla netta separazione tra gli spazi pubblici e quelli privati, con l'obiettivo di consolidare e incentivare il senso di territorialità che genera attenzione e affezione ai luoghi. Due donne anticonformiste e determinate che con le loro attività hanno influenzato la società americana degli anni '60 e posto le basi culturali per ulteriori avanzamenti degli studi e delle sperimentazioni su queste tematiche.

Dieci anni più tardi il criminologo Ray Jeffery (1971) elabora un approccio multidisciplinare incentrato sulla progettazione ambientale e definisce il Crime Prevention Through Environmental Design. Un approccio mirato a migliorare la qualità degli spazi pubblici delle città per ridurre il degrado e di conseguenza la criminalità; questo, sinteticamente, l'assunto su cui si basa il suo metodo. È l'inizio di una nuova generazione di progetti che trova concretizzazione negli studi e nelle attività progettuali dell'architetto Oscar Newman (1972), autore del Defensible Space – Crime Prevention Through Urban Design, approccio applicato in molte città americane, in particolare nei quartieri popolari. La sua Teoria dello Spazio Difendibile si articola in 5 punti: territorialità (il senso di appartenenza a un luogo); sorveglianza naturale (il rapporto tra le caratteristiche fisiche del luogo e la possibilità di osservare lo stesso luogo); immagine urbana (la qualità dei manufatti e dei luoghi percepita attraverso le caratteristiche morfologiche); milieu (la presenza di funzioni che determinano sensazioni di sicurezza); aree adiacenti sicure (la presenza di aree sicure determina comportamenti virtuosi nelle aree confinanti incrementando la capacità di sorveglianza dell'area).

Negli anni successivi alle esperienze di Newman, altri studiosi hanno posto l'attenzione al tema svolgendo ricerche empiriche applicate a singoli contesti ambientali. Molto nota la teoria Broken Windows, elaborata nel 1982 da James Wilson e George Kelling, basata sull'assunto che la causa del degrado e della criminalità non sia da attribuire alle classi sociali bensì all'inciviltà e al degrado stesso dei luoghi di vita, appunto al proprietario della 'finestra rotta' (Kelling and Wilson, 1982). In epoca più recente gli studi si sono focalizzati sul miglioramento e approfondimento del metodo CPTED, ampliando la definizione di contesto ambientale non solo alle componenti fisiche e spaziali ma anche agli aspetti immateriali socioculturali e politici, nonché psicologici della percezione del crimine.

**Crime Prevention Through Environmental Design** | L'approccio ambientale alla sicurezza urbana, nato nell'ambito della sperimentazione

americana del CPTED è indubbiamente il metodo che in anni di applicazione ha determinato i migliori risultati, sia in termini quantitativi che qualitativi. Parte dal presupposto che sia indispensabile prevenire e influenzare i comportamenti applicando concretamente metodi di dissuasione, prima che si concretizzi l'atto criminoso. È un metodo incentrato sul progetto degli spazi fisici alle diverse scale, dal manufatto edilizio al contesto urbano, fondato sul riconoscimento del legame diretto esistente tra la forma dello spazio e il comportamento umano. Si pone, sin dalla sua prima enunciazione in contrapposizione con l'approccio culturale consolidato che interpretava la sicurezza urbana come questione legata esclusivamente a temi di ordine pubblico e di criticità sociali, sottolineando l'incidenza della struttura, dell'organizzazione e delle modalità di fruizione della città e dei suoi spazi di relazione.

In questa logica, i due approcci ricorrenti delle politiche d'intervento sulla sicurezza si sono storicamente basati principalmente sul controllo attraverso l'applicazione della legge e l'intervento delle forze dell'ordine, in ottica repressiva o preventiva, e sull'azione preventiva mirata alla riduzione dei fattori di disagio sociale, imputati di favorire la criminalità. Due metodi in alternativa culturale, accomunati solamente dall'essere incentrati sull'autore del reato o presunto tale. Ed è proprio la nascita del CPTED che ha dato avvio a un percorso nuovo (Cardia and Bottigelli, 2001), prima riorientando la prevenzione a interventi fisici sulla città con l'obiettivo di impedire il prodursi del reato, e poi favorendo l'integrazione dei tre approcci, utile alla produzione di un effetto cumulativo e all'ottenimento di risultati durevoli nel tempo.

Nel contesto europeo a partire dalla metà degli anni '80 il tema è stato oggetto di seminari e convegni sia in ambito scientifico e professionale che politico e amministrativo con iniziative di rilievo. Nel 1987 a Barcellona, per volontà del Consiglio d'Europa, è stato costituito il FESU – Forum Europeo per la Sicurezza Urbana, con sede a Parigi, e una decina d'anni più tardi, nel 1996, il FISU – Forum Italiano per la Sicurezza Urbana (Acierno, 2010). A queste due azioni emblematiche hanno fatto seguito numerose occasioni di confronto tra i diversi Paesi proprio sul tema della sicurezza urbana e in particolare sull'approccio ambientale. Tra queste, la più significativa è la conferenza degli esperti dell'UE intitolata Verso una Strategia Basata sulla Conoscenza per Prevenire la Criminalità, tenutasi a Sundsvall (Svezia) dal 21 al 23 febbraio 2001, su iniziativa della Presidenza di turno svedese; in tale occasione si è riconosciuto il valore e la forza dell'approccio ambientale nella riduzione del crimine e della percezione di insicurezza (Council of the European Union, 2001; Crowe, 2013).

Un ulteriore importante passaggio istituzionale è stato, qualche anno più tardi, l'istituzione, da parte del CEN (Comitato Europeo di Normazione) di un Comitato Tecnico, il CEN/TC 325 – Prevention of Crime by Urban Planning and a Building Design, oggi sostituito con il Crime Prevention Through Building, Facility and Area Design, composto da rappresentanti di alcuni Paesi europei. L'obiettivo del Comitato è



**Figg. 1, 2** | The district of Bout des Landes Bruyères in Nantes: strategies of intervention for urban security; system of public spaces and green (credits: Le Moniteur, 2012; Germe&jam, 2011).

sviluppare standard per la prevenzione della criminalità nelle strutture industriali, nelle Istituzioni educative, negli ospedali, nelle aree degli edifici residenziali, nei grandi magazzini, nelle piazze e nei luoghi d'incontro pubblici attraverso la progettazione di edifici, strutture e aree. Si distingue per importanza e pertinenza la CEN/TR 14383-2:2007 Prevention of Crime – Urban Planning and Building Design – Part 2: Urban Planning, recepita in Italia dall'UNI nel 2010 e tradotta in lingua italiana UNI CEN/TR 14383-2:2010 Prevenzione della criminalità – Pianificazione Urbana e Progettazione degli Edifici – Parte 2: Pianificazione Urbana, che fornisce alle Amministrazioni locali e ai progettisti italiani uno strumento potenzialmente efficace e applicabile per prevenire fenomeni di criminalità urbana.

**La sperimentazione francese** | In ambito europeo, la Francia e il Regno Unito, con un approccio più pragmatico, agli studi teorici e alle ricerche hanno dato seguito promuovendo l'applicazione degli standard all'interno delle legislazioni nazionali. In particolare il Code de l'Urbanisme francese, recentemente aggiornato nel 2020, prescrive che progetti di sviluppo, realizzazione di strutture collettive e programmi di costruzione devono essere oggetto di uno studio preliminare di pubblica sicurezza al fine di valutarne le conseguenze<sup>1</sup>. L'articolo R114-1 del Décret n. 2015-1783 del 28 dicembre 2015 (Premier Ministre, 2015), descrive in modo analitico i casi in cui lo studio ha carattere di cogenza: all'interno di un agglomerato urbano di oltre 100.000 abitanti; al di fuori degli agglomerati di oltre 100.000 abitanti; su tutto il territorio nazionale, con riferimento alla realizzazione di un'operazione di sviluppo o la creazione di un edificio aperto al pubblico; su tutto il territorio nazionale, e in particolare per i progetti di riqualificazione urbana, che comportano la demolizione di almeno 500 abitazioni. Indubbiamente è la normativa più evoluta in ambito europeo, che pone molta attenzione al rapporto tra sicurezza urbana e progettazione ambientale, concretamente applicata in contesti di nuova edificazione (Acierno, 2010), in progetti di riqualificazione e rigenerazione urbana e in generale in interventi sul costruito.

La legge introdotta nell'Ordinamento nazionale francese nel 2007 con il Décret n. 2007-1177 del 3 agosto 2007 (Premier Ministre, 2007), ha prodotto una serie di interventi paradigmatici, in particolare per progetti di riqualifi-

cazione di isolati residenziali in contesti periferici caratterizzati da elevati livelli di insicurezza e delinquenza. Particolarmente significativi sono i progetti riguardanti il distretto Bout des Landes Bruyères nella Città di Nantes, incentrato sulla riqualificazione degli spazi pubblici e del sistema della viabilità, il progetto di Villette di Aubervilliers a Seine-Saint-Denis, a scala più piccola e orientato alla leggibilità dei percorsi e dei collegamenti, e il progetto riferito al distretto di edilizia popolare Lambézellec nella Città di Brest, che si pone l'obiettivo di costruire una nuova centralità pubblica.

Subito dopo l'approvazione del Décret n. 2007-1177, il distretto Bout des Landes Bruyères, situato nella zona Nord del Comune di Nantes, ha avviato un ambizioso progetto di riqualificazione incentrato sugli spazi pubblici. Il contesto era caratterizzato da due nuclei abitativi eterogenei: una zona di abitazioni a carattere sociale di 881 alloggi di proprietà del gestore sociale Nantes Habitat, prevalentemente con tipologia a torre, e una zona di abitazioni a un piano accorpate a formare tipologia a schiera (oggetto di sostituzione edilizia nel 2009) lambite da una strada tangenziale ad alta percorrenza. I due nuclei erano separati da un'ampia fascia boschiva abbandonata, vera e propria barriera che impediva la comunicazione tra le due zone (Fig. 1).

Il progetto, promosso e finanziato da Nantes Métropole, ha previsto: la riorganizzazione del sistema della mobilità automobilistica e ciclo-pedonale con la realizzazione di nuovi percorsi indispensabili per il collegamento tra i due nuclei residenziali; la razionalizzazione del sistema della sosta, eliminando i numerosi parcheggi non autorizzati e realizzando percorsi, siepi e dissuasori della sosta, nonché accorpando i parcheggi in piccoli nuclei assegnati ai singoli manufatti edili; la messa in opera di siepi e filari di alberi al fine di delimitare e rendere esplicita la separazione tra spazio privato e pubblico; e infine la realizzazione di una sede del Municipio di quartiere, presidio permanente delle istituzioni pubbliche<sup>2</sup> (Figg. 2-4).

Il complesso residenziale Villette di Aubervilliers a Seine-Saint-Denis, ubicato nelle immediate vicinanze dalla tangenziale di Parigi, è composto da 12 edifici residenziali con tipologia a torre, dotati di parcheggio sotterraneo, negozi al piede del manufatto e una torre per uffici. I manufatti insistono su un isolato di forma quadrata piuttosto regolare, occupandone non solo il perimetro ma anche gli spazi centrali

con impianto planivolumetrico, soluzioni morfologiche e distributive che determinano senso di insicurezza e difficoltà di manutenzione e conservazione degli spazi aperti: passaggi sotto gli edifici, angoli nascosti, mancanza di visibilità, commistione tra spazi pubblici e privati, mancanza di gerarchia nei percorsi (Fig. 5).

Alla luce di queste considerazioni l'Amministrazione condominiale, con la collaborazione del Comune, ha incaricato l'architetto Philippe Panerai per la predisposizione di un progetto di riqualificazione dell'area incentrato sulla valorizzazione degli spazi per la collettività (Fig. 6). La proposta di Panerai ha previsto la realizzazione di nuovi percorsi pedonali dedicati e la valorizzazione della natura pubblica degli spazi aperti, anche con interventi di demolizione di piccoli manufatti di servizio, di negozi non più utilizzati e di liberazione e di riordino del suolo. Il progetto è stato selezionato nell'ambito del Programma sperimentale PUCA<sup>3</sup> (Fig. 7; Vw. Aa., 2012).

Il caso nel distretto di edilizia popolare Lambézellec a Brest interessa un ambito urbano e una scala d'intervento molto più contenuti e circoscritti, riguardando in particolare l'area antistante l'ingresso di un edificio a torre, ubicato all'interno del sistema di semi-corti delimitate da lunghi edifici in linea. La posizione dell'edificio, protetto dagli altri manufatti, e il disordine funzionale e percettivo della piccola piazza hanno fatto sì che con il tempo la zona diventasse un comodo luogo per la vendita di sostanze stupefacenti, protetto dalla vista. Il Brest Métropole Habitat, gestore del complesso, in collaborazione con l'architetto Paul Landauer, ha proposto tre semplici azioni di riqualificazione che si sono rivelate molto efficaci per debellare le attività criminali e per ridurre il senso di insicurezza percepito: riorganizzazione del sistema della sosta; spostamento dell'ingresso all'edificio a torre con la realizzazione di rampe di accesso; realizzazione di una piccola piazza interna al distretto (Figg. 8, 9; Landauer, 2009, 2011). La qualità e l'incisività dell'iniziativa le hanno valso il Premio per la prevenzione della delinquenza del Senato nel 2008, determinando un meccanismo di emulazione e sperimentazione anche in altri quartieri della città, tra i quali Kérourien e Square de Béarn.<sup>4</sup>

**La sperimentazione italiana** | In Italia da oltre 20 anni si riflette e si discute sulla sicurezza urbana. Se da una parte queste riflessioni e discussioni hanno avuto il merito di avviare forme di cooperazione interistituzionale (Amendola, 2008), soprattutto su iniziativa di alcune Regioni e Comuni italiani, dall'altra non hanno consentito quell'avanzamento teorico atteso, funzionale all'applicazione di standard nella legislazione nazionale. In particolare, alla fine degli anni '90, alcune Regioni (tra cui l'Emilia Romagna) hanno promulgato leggi per la promozione di politiche integrate di sicurezza, contemplando al loro interno il riferimento a interventi sulle caratteristiche fisico-spaziali dello spazio pubblico (Karrer and Santangelo, 2012). Il 2010, con il recepimento da parte dell'UNI della norma CEN/TR 14383-2, segna un ulteriore passo in avanti in termini di politiche sulla sicurezza urbana, ma la mancanza di una significativa validazione empirica dello strumento nor-

mativo consegna quest'ultimo al dimenticatoio.

Tuttavia, benché non esista tuttora una legge quadro che regoli in modo generale il tema e il ruolo degli attori istituzionali coinvolti, non vi è dubbio che il tema della cooperazione interistituzionale e della sicurezza urbana – da intendersi come questione territoriale da affrontare con un approccio integrato – sia al centro dell'agenda pubblica. Da questo punto di vista, il Decreto Legge n. 14 del 20 febbraio 2017 (Presidente della Repubblica, 2017) delinea una chiara strategia funzionale all'innalzamento del livello di sicurezza delle città, incentrando tutti gli sforzi sulla rimozione dei fattori che minacciano la vivibilità dei contesti urbani. Strategia fondata sulla sicurezza integrata e sulla sicurezza urbana, con l'obiettivo di agire attraverso azioni di prevenzione, ovverosia tutte quelle misure e interventi utili a ridurre il verificarsi di fenomeni di criminalità e il loro impatto sulle percezioni di insicurezza dei cittadini (Amapola, 2019).

Sulla scia di questo approccio, la prevenzione 'situazionale' è quella che tiene conto del contesto fisico e che richiama al filone di studi e ricerche legato alla prevenzione ambientale del crimine (CPTED), ponendo al centro il tema delle relazioni tra la progettazione, l'organizzazione dello spazio fisico e la sicurezza, nonché le forme di sorveglianza e controllo del territorio legate al modo in cui gli spazi urbani sono progettati, organizzati e vissuti dagli abitanti. È quella che richiama la UNI CEN/TR 14383-2.

A tal riguardo, la sperimentazione italiana più interessante è probabilmente quella dell'intervento di riqualificazione del residence Garibaldi 2 nel Comune di Calderara di Reno, in provincia di Bologna<sup>5</sup> (Fig. 10; Fasolino, 2018). Il complesso edilizio realizzato negli anni '70, originariamente adibito a casa-albergo con 194 mini alloggi, per anni si è trovato in balia di un forte degrado edilizio, sociale e sanitario, derivante da un insieme di concause, tra le quali anche la collocazione urbana e l'isolamento con conseguente carenza di servizi nelle vicinanze, l'assenza di una gestione adeguata (accessi incontrollabili, distribuzione orizzontale caratterizzata da lunghissimi e anonimi corridoi, visibilità impedita al piano terra dal porticato a setti murari in calcestruzzo armato), la trascuratezza nella conduzione e l'uso intensivo, tutti fattori che, insieme al regime proprietario estremamente frazionato, hanno comportato un progressivo degrado del complesso (Comune di Calderara di Reno, 2016).

Per far fronte al degrado dell'ambiente urbano, mancanza di servizi, disagio sociale e precarietà abitativa, sono stati attivati dalla Regione Emilia Romagna gli strumenti tipici degli anni '90, ovvero i Programmi di Riqualificazione Urbana (PRU) e i Progetti Pilota di Indirizzo per gli Interventi Regionali nelle Politiche di Sicurezza. In particolare, l'attività di riqualificazione ha previsto il coinvolgimento di numerosi attori nell'ottica di un'integrazione intersettoriale delle competenze (Figg. 11-13). L'intervento si caratterizza per le seguenti azioni: alla scala della 'pianificazione urbana' è stato progettato un percorso ciclo-pedonale, finalizzato a contrastare l'isolamento del residence dal contesto urbano; alla scala del 'disegno urbano' è stato progettato l'inserimento di nuove funzioni com-



**Figg. 3, 4** | The district Bout des Landes Bruyères in Nantes: new pedestrian routes; aerial view of the district after the interventions (credits: Germe&jam, 2011).

plementari (esercizi commerciali e supermercati) in termini di uso e orari; alla scala della 'gestione degli spazi' è stato progettato il frazionamento dell'immobile in diversi edifici, la rifunzionalizzazione degli spazi comuni, l'accorpamento degli alloggi in unità di dimensioni maggiori e lo spazio destinato sia alla sorveglianza (sede della Polizia Municipale) sia alla gestione e accompagnamento sociale a garanzia di un adeguato mix sociale di abitanti/utenti.

Malgrado le difficoltà di attuazione riscontrate nel corso del Programma e l'ingente investimento economico necessario per un intervento di riqualificazione così complesso (circa 18 milioni di euro), il Garibaldi 2 rappresenta un esempio positivo di approccio integrato e di lavoro congiunto e costante tra Amministrazione locale, Forze dell'Ordine e cittadini, avendo consentito l'individuazione di una strada per superare la situazione particolarmente critica (Amapola, 2019).

**Conclusioni** | La maggior parte delle città del mondo sta affrontando il problema della sicurezza nei suoi differenti aspetti (violenza urbana, disordine, comportamenti antisociali e senso diffuso di insicurezza) quale minaccia alla qualità della vita urbana. A queste criticità, le Autorità reagiscono molto spesso attraverso l'irrigidimento del sistema di controllo formale, sebbene le esperienze degli ultimi settant'anni dimostrino che l'approccio ideale è quello caratterizzato dall'applicazione di azioni integrate e multidisciplinari, metodo, peraltro, riconosciuto dai due Forum (Europeo e Italiano)<sup>6</sup> per la Sicurezza Urbana che evidenziano come la criminalità e il disordine urbano siano fenomeni complessi e vadano fronteggiati con politiche integrate e di lungo respiro, agendo dunque sulle cause profonde quali l'esclusione, le discriminazioni e le disuguaglianze sociali. In questa logica il Forum Europeo per la Sicurezza Urbana, all'inizio del 2020, ha organizzato una raccolta di buone pratiche rivolta agli Enti pubblici europei, con l'obiettivo di predisporre un manuale con i 50 progetti più significativi e innovativi.<sup>7</sup>

È in questo modo che i contesti urbani, diventati spesso veri laboratori di politiche partecipative e di nuove 'strategie di prevenzione', sperimentano interventi che apportano soluzioni ai problemi di sicurezza alle diverse scale. In questa logica, «[...] la prevenzione e la sicurezza divengono elementi essenziali per la riduzione dell'esclusione sociale e per l'effettiva protezione dei diritti individuali» (Nobili, 2019, p. 7).

A sostegno di queste strategie, sono disponibili strumenti come ad esempio la norma CEN/TR 14383-2, quale utile supporto al progetto e gestione dello spazio pubblico, che ha trovato immediatamente la giusta collocazione nella legislazione di molti Paesi europei. Ne è testimonianza il Code de l'Urbanisme francese che ha recepito i contenuti della norma.

In Italia il percorso seguito in questi anni ha favorito un approccio culturale più attento alle esigenze della politica e di conseguenza sbilanciato verso approcci orientati al controllo e all'intervento ex post, a discapito di modalità integrate e concrete strategie di governo del territorio, confermando come la 'prevenzione situazionale', intesa anche come prospettiva di policy, non ha avuto il giusto riconoscimento o forse non è stata sufficientemente compresa e quindi sviluppata. Appare paradossale come la norma citata elaborata in sede europea, a differenza che in altri Stati, non sia considerata, in quanto non cogente, strumento utile ed applicabile per avviare anche in Italia una sperimentazione concreta di medio e lungo termine. È dunque auspicabile che le Amministrazioni locali italiane, per progettare la 'città sicura', approfondiscano la loro dimensione territoriale, in senso culturalmente ampio, azione indispensabile per lo sviluppo di adeguate politiche di prevenzione incentrate su temi chiave come la qualità dello spazio pubblico e la rigenerazione urbana (European Forum by Urban Security, 2017).

---

The integrated urban security project is now a well-established practice, with experiments having started in the 1970s in the United States, and more recently in France and English-speaking countries. In particular, Crime Prevention Through Environmental Design (CPTED) – a multidisciplinary approach focused on environmental design, understood in its broadest sense as the urban context – is the cultural and operational point of reference for most contemporary projects (Jeffery, 1971). Improving the quality of the physical space as a way of reducing degradation and, consequently, crime: this is, in short, the assumption that the CPTED method is based upon. This sort of experimentation is still foreign to the situation in Italy, which still suffers from clear cultural backwardness and lack of design experiences.

In 2017, the Italian Government issued Legislative Decree n. 14 of 20 February 2017, the



**Figg. 5, 6** | View of the district in which is located the residential complex La Villette in Aubervilliers, Seine-Saint-Denis; Experimental Programme 'Qualité et Sureté des espaces urbains' (credits: Google Maps, 2020; Panerai & Associés, 2012).

so-called Minniti Decree, which outlines a comprehensive strategy aimed at raising the level of urban security in cities (Presidente della Repubblica, 2017). This marked an important step in that it meant the Legislator acknowledging the now widely-known fact that the critical issues found in the fabric of metropolitan areas and urban centres are the result of a series of contributing factors, and that the manifestations of delinquency or deviant behaviours often merely represent one of the last links in a long chain. As such, the response to these phenomena cannot be entrusted to the actions of a single institutional interlocutor, but rather requires an aligned response involving the collaboration of the various bodies which operate across the area in different ways. What becomes unequivocally clear is the importance of the physical design of public space and buildings as determining factors of the behaviour, habits and, more generally, ways in which people live in their city.

**Urban security in the American cultural context** | The first studies linking social behaviour with the characteristics of the physical and cultural environment date back to the late 1930s, when certain university professors, guided by sociologist Robert Park, founded the first School of Urban Social Ecology in the U.S. – known as the Chicago School – at the University of Chicago. Park (et alii, 1925) developed a systematic study of urban society showing how the phenomena of deviancy were conditioned by the environment of the perpetrators. Starting from these theoretical premises, at the start of the 1960s, Elizabeth Wood started more practical research in the working-class neighbourhoods of Chicago. Wood spent her life working on policies aimed at improving the living conditions in the poorest areas of Chicago, which suffered from social and healthcare

problems, racial discrimination and crime, and she even took on the role of Executive Director of the Chicago Housing Authority. It was in this capacity that, in 1961, she developed a complex theory: the Social Design Theory, based on the close relationship between urban design and the improvement in people's quality of life (Wood, 1961).

Jane Jacobs, meanwhile, had a rather different experience, despite the fact that her research took place over the same years. Known internationally for her important publication on American cities entitled *The Death and Life of Great American Cities* (Jacobs, 2009), she promoted theories that explicitly criticised and questioned the modernist and rationalist model of development, instead proposing a new model focused on creating cities that were people-friendly. Her reading focused on the morphological and formal characteristics of cities (roads, pavements, blocks, density, heterogeneity of the buildings – all fundamental prerequisites for the construction of safe places), as well as on the clear separation between public and private spaces, with the aim of consolidating and encouraging the sense of ownership of an area that generates both attention and affection for places. Two determined non-conformist women whose activities influenced American society in the 1960s, laying the cultural foundations for further advances in research and experimentation on these issues.

Ten years later, criminologist Ray Jeffery (1971) developed a multidisciplinary approach focused on environmental design, establishing what he dubbed Crime Prevention Through Environmental Design. An approach aimed at improving the quality of the public spaces in cities as a way of reducing degradation and, consequently, crime: this is, in short, the assumption that his method is based upon. This marked the start of a new generation of designs which took the form of the research and design activities of architect Oscar Newman (1972), author of *Defensible Space – Crime Prevention Through Urban Design*, which outlines an approach applied in many American cities, especially in working-class neighbourhoods. His Defensible Space Theory takes the form of 5 points: territoriality (a sense of belonging to a place); natural surveillance (the relationship between the physical characteristics of a place and the ability to observe said place); urban image (the quality of the buildings and places perceived through their morphological characteristics); milieu (the presence of functions that determine feelings of safety and security); adjacent safe areas (the presence of safe/secure areas leads to virtuous behaviour in neighbouring areas, increasing the capacity for surveillance of the area).

In the years following Newman's experiences, other scholars focused their attention on the issue, carrying out empirical research applied to individual environmental contexts. One very well-known theory is the Broken Windows theory, developed in 1982 by James Wilson and George Kelling, which is based on the assumption that the cause of degradation and crime is not attributable to certain social classes, but rather to the neglect and degradation

of living spaces themselves – the owners of the titular 'broken window' (Kelling and Wilson, 1982). More recently, studies have focused on improving and going into further depth on the CPTED method by broadening the definition of environmental context to include not just the physical and spatial components, but also the immaterial socio-cultural and political aspects, as well as the psychological ones involved in the perception of crime.

**Crime Prevention Through Environmental Design** | The environmental approach to urban security, created as part of the experimentation with CPTED in America, is undoubtedly the method which, over its years of application, has given the best results in both quantitative and qualitative terms. It is based upon the idea that it is essential to prevent and influence behaviour by practically applying methods of dissuasion before the criminal act actually takes place. It is a method that is centred around the design of physical spaces on different scales, from the building to the urban context as a whole, founded upon the acknowledgement of the direct link that exists between the form of space and the human behaviour of those who inhabit it. Since it was first developed, it has existed in contrast with the consolidated cultural approach which interpreted urban security as a matter exclusively related to issues of public order and critical issues in society, underestimating the impact of the way a city and its human spaces are structured, organised and used.

According to this logic, the two recurrent approaches of safety intervention policies have historically been based mainly on control through the application of the law and the intervention of law enforcement, with a view to repression or prevention, and on preventative action aimed at reducing factors of social unrest, which have long been blamed for fostering criminality. Two methods offered as cultural alternatives which share only the fact that they focus on the offender (or alleged offender). And it was precisely the birth of the CPTED that opened up a new direction to explore (Cardia and Bottigelli, 2001), first reorienting prevention to focus on physical works to be carried out on the city with the aim of preventing the crime from occurring, and then encouraging the integration of the three approaches, useful for producing a cumulative effect which could provide lasting results over time.

In the European context, the topic has been the subject of seminars and conferences since the mid-1980s in both the scientific/professional and the political/administrative fields, with some important initiatives. For example, in 1987 in Barcelona, at the behest of the Council of Europe, the EFUS – European Forum for Urban Security was established with its headquarters in Paris, followed, about ten years later in 1996, by the FISU – Italian Forum for Urban Security (Acierno, 2010). These two iconic actions were followed by numerous opportunities for discussion and exchange between the various countries on the issue of urban security, and in particular on the environmental approach. The most significant of these was the

EU expert conference entitled Towards a Knowledge-Based Strategy for the Prevention of Crime, held in Sundsvall (Sweden) from 21 to 23 February 2001, at the initiative of the Swedish Presidency; this was an opportunity to recognise the value and power of the environmental approach in reducing both crime and the perception of insecurity (Council of the European Union, 2001; Crowe, 2013).

A further important institutional step came a few years later in the form of the establishment by the CEN (European Committee for Standardisation) of a Technical Committee, CEN/TC 325 – Prevention of Crime by Urban Planning and Building Design, now replaced with Crime Prevention Through Building, Facility and Area Design, made up of representatives from various European countries. The Committee's objective is to develop standards for crime prevention in industrial facilities, educational institutions, hospitals, residential building areas, department stores, squares and public meeting places through the design of buildings, structures and areas. The committee has proven its importance and relevance, with CEN/TR 14383-2:2007 Prevention of Crime – Urban Planning and Building Design – Part 2: Urban Planning, implemented in Italy by the UNI in 2010 and translated into Italian as UNI CEN/TR 14383-2:2010 Prevenzione della criminalità – Pianificazione Urbana e Progettazione degli Edifici – Parte 2: Pianificazione Urbana, providing local Administrations and Italian architects with a potentially effective and applicable tool for the prevention of various phenomena of urban crime.

**Experimentation in France** | In Europe, both France and the United Kingdom have taken a more pragmatic approach, following up theoretical studies and research by promoting the application of these standards within national legislation. In particular, the French Code de l'Urbanisme, recently updated in 2020, requires development projects, the construction of collective structures and construction plans to undergo a preliminary public safety study so as to assess their consequences<sup>1</sup>. Article R114-1 of Décret n. 2015-1783 of 28 December 2015 (Premier Ministre, 2015) provides an analytical description of the situations in which the study is mandatory: within an urban agglomeration of more than 100,000 inhabitants; outside of agglomerations of over 100,000 inhabitants; across the entire country, with reference to the implementation of a development operation or the creation of a building that is open to the public; across the entire country, and in particular for urban redevelopment projects which involve the demolition of at least 500 homes. It is unquestionably the most advanced legislation in Europe, paying a great deal of attention to the relationship between urban security and environmental design, concretely applied to new construction projects (Acierno, 2010), urban redevelopment and regeneration projects, and, generally, all works performed on the built environment.

The law introduced into French national law in 2007 with Décret n. 2007-1177 of 3 August 2007 (Premier Ministre, 2007), resulted in

a series of paradigmatic interventions, in particular for projects involving the redevelopment of residential blocks in suburban areas characterised by high levels of insecurity and delinquency. Some particularly significant projects have involved the Bout des Landes Bruyères district in Nantes, focused on the redevelopment of the public spaces and the road system, La Villette in Aubervilliers, Seine-Saint-Denis, which was on a smaller scale and aimed at improving the readability of the routes and connections, and the social housing district of Lambézellec in Brest, the aim of which was to build a new public centre.

Immediately following the approval of Décret n. 2007-1177, the Bout des Landes Bruyères district, located in the northern area of the municipality of Nantes, launched an ambitious redevelopment project focusing on public spaces. The area was characterised by two heterogeneous housing settlements: a social housing area comprising 881 units owned by social housing manager Nantes Habitat, mainly high-rise tower blocks, and an area of single-storey homes merged to form a terraced-type structure (the focus of replacement works in 2009), skirted by a high-traffic ring road. The two settlements were separated by a large stretch of abandoned woodland, a fully-fledged barrier that prevented communication between the two areas (Fig. 1).

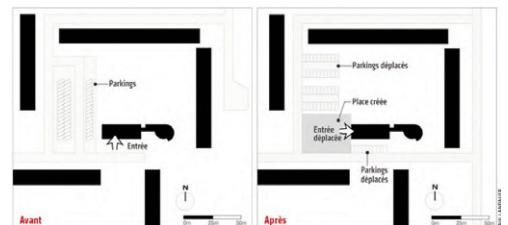
The project, promoted and funded by Nantes Métropole, involved: the reorganisation of the vehicular, cycle and pedestrian traffic system with the creation of new routes that were key to connecting the two housing settlements; the streamlining of the parking system, eliminating the many unauthorised car parks and installing paths, hedges and parking bollards, as well as merging the car parks into small areas assigned to the individual buildings; the implementation of hedges and rows of trees as a way of marking out the separation between private and public spaces, thus making it explicit; and finally, the construction of a headquarters for the neighbourhood town hall, the permanent nerve centre of public institutions<sup>2</sup> (Figg. 2-4).

The La Villette residential complex in Aubervilliers, Seine-Saint-Denis, located in the immediate vicinity of the Paris ring road, comprises 12 high-rise residential tower blocks with underground parking, shops at the foot of the building, and a tower block for offices. The buildings rest on a fairly regularly-shaped square block, occupying not just the perimeter of it but also the central spaces with a planimetric/volumetric layout, morphological and distributive solutions that contribute to a sense of insecurity, and difficulties in maintaining and conserving the open spaces: underpasses that run underneath the buildings, hidden corners, a lack of visibility, no clear distinctions between the public and private spaces, and a lack of a clear, hierarchical right of way in the roadways (Fig. 5).

In light of these considerations, the building's administration, in collaboration with the City, commissioned architect Philippe Panerai to draw up a project for the redevelopment of the area focused on enhancing its communal spaces (Fig. 6). Panerai's proposal involved establishing new dedicated pedestrian footpaths and the

promotion of the public nature of the open spaces, including through the demolition of small service buildings and defunct shops as well as by freeing up and reorganising the land. The project was selected as part of the PUCA experimental Programme<sup>3</sup> (Fig. 7; Vv. Aa., 2012).

The case of the social housing district of Lambézellec in Brest involves a much smaller, more circumscribed urban environment and scale of intervention, particularly focused on the area in front of the entrance to a tower block located within the system of semi-courtyards bordered by a line of long buildings. The location of the building, which is protected by the others around it, as well as the functional and perceptual disorder of the small square resulted in the area becoming, over time, a convenient place for drug dealing, in that it was protected from view. The Brest Métropole Habitat, the manager of the complex, in collaboration with architect Paul Landauer, proposed three simple actions for its redevelopment that proved to be very effective in eliminating criminal activities and reducing the perceived sense of insecurity: reorganising the parking system; moving the entrance to the tower block with the construction of access ramps; constructing a small square internal to the district (Figg. 8, 9; Landauer, 2009, 2011). The quality and effectiveness of the initiative earned them the



**Fig. 7** | Intervention strategies for the residential complex La Villette in Aubervilliers, Seine-Saint-Denis (credit: Panerai & Associés, 2012).

**Figg. 8, 9** | Lambézellec Housing in Brest: the entrance of the tower moved to a more visible space; diagram of the entrance of the tower, before and after the intervention (credits: Brest Métropole, 2012; P. Landauer, 2012).



Senate's Crime Prevention Award in 2008, resulting in a mechanism of emulation and experimentation in other areas of the city, including Kérourien and Square de Béarn.<sup>4</sup>

**Experimentation in Italy** | In Italy, urban security has been a point of much consideration and discussion for over 20 years. Although on the one hand, these reflections and discussions can be credited with launching forms of interinstitutional cooperation (Amendola, 2008), especially on the initiative of certain regions and municipalities around Italy, on the other, they have not allowed for the long-awaited advancement in theory that is key to the application of standards in national legislation. In particular, in the late 1990s, certain regions (including Emilia Romagna) enacted laws to promote integrated security policies which included references to interventions on the physical and spatial characteristics of public spaces (Karrer and Santangelo, 2012). The implementation of the CEN/TR 14383-2 standard by the UNI in 2010 marked a further step forward in terms of urban security policies, but the lack of significant empirical validation in the form of a regulatory instrument meant that the standard was left by the wayside.

However, although there is as of yet no overarching framework law regulating the issue and the role of the institutional actors involved in a general way, there is no doubt that the issue of interinstitutional cooperation and urban security – understood as a territorial issue to be tackled with an integrated approach – is very much at the heart of the public agenda. From this point of view, Italian Decree Law n. 14 of 20 February 2017 (Presidente della Repubblica, 2017) outlines a clear strategy for raising the level of security in cities, namely by focusing all efforts on removing the factors that threaten the liveability of urban environments. A strategy based on integrated security and urban security, and with the aim of acting by way of preventative actions, in other words, all measures and interventions which contribute to a reduction in the occurrence of crime and

its impact upon citizens' perceptions of insecurity (Amapola, 2019).

In much the same vein, so-called 'situational' prevention is that which takes into account the physical context and refers to the avenue of study and research linked to environmental crime prevention (CPTED), specifically focusing on the matter of the relationships between design, the organisation of physical space and security, as well as the forms of surveillance and control of an area that are linked to the way in which urban spaces are designed, organised, and lived in by their inhabitants. This is what is covered by the UNI CEN/TR 14383-2 standard.

In this regard, one of the most interesting experiments in Italy is probably that concerning the redevelopment of the Garibaldi 2 residence in Calderara di Reno, in the province of Bologna<sup>5</sup> (Fig. 10; Fasolino, 2018). The building complex constructed in the 1970s, originally used as a sort of guest house with 194 mini-housing units, was, for years, deeply affected by heavy physical, social and healthcare-related degradation resulting from a combination of contributing factors, including its urban location and isolation with a consequent lack of nearby services, the absence of proper management (uncontrollable entry to the building, horizontal distribution characterised by extremely long and anonymous corridors, visibility on the ground floor obstructed by the portico, consisting of seven reinforced-concrete walls), the neglect of the management and its intensive use: all factors which, in combination with the extremely fragmented ownership, led to the progressive degradation of the complex (Comune di Calderara di Reno, 2016).

In order to address the degradation of the urban environment, the lack of services, the social unrest and the precarity of the residents' living situation, the regional government of Emilia Romagna implemented the measures typical of the 1990s, namely the Urban Redevelopment Programmes (PRU) and Pilot Steering Projects for Regional Interventions in Security Policies. In particular, the redevelopment

**Figg. 10, 11** | Residence Garibaldi 2: aerial view of the district in the Municipality of Calderara di Reno; blocks 1 and 2 renovated (credits: Google Maps, 2020; Municipality of Calderara di Reno, 2016).

**Figg. 12, 13** | Residence Garibaldi 2: the renovated block 3; the demolition of blocks 4, 5 and 6 to be replaced with trees, a basketball court and a children's play area (credits: Comune di Calderara di Reno, courtesy of P. Zullo, 2019; Photo Schicchi, 2019).

involved a great many actors with a view to a cross-sectoral integration of skills (Figg. 11-13). The project was characterised by the following actions: in terms of 'urban planning', a shared-use path for cyclists and pedestrians was designed in an effort to combat the residence's isolation from the wider urban area; in terms of 'urban design', new services (such as shops and a supermarket) were established to be complementary in terms of use and opening hours; in terms of 'space management', it was decided that the building would be split into several buildings, the common spaces would be repurposed, the homes would be merged into units of larger sizes, and space would be allocated to both surveillance (the responsibility of the local police) and social management and support, in order to guarantee a suitable social mix of residents and users.

Despite the difficulties in implementation encountered throughout the course of the Programme, as well as the vast financial investment required for such complex redevelopment works (around 18 million Euros), the Garibaldi 2 residence remains a positive example of an integrated approach and of constant cooperation between the local administration, law enforcement and citizens, having allowed for the recognition of a way to overcome this particularly critical situation (Amapola, 2019).

**Conclusions** | Most cities around the world are facing the issue of security in all its different facets (urban violence, disorder, antisocial behaviour and a widespread sense of insecurity) as a threat to the quality of urban life. The authorities' reaction to these critical issues is often to tighten the formal control system, even though the experiences of the past seventy years clearly demonstrate that the ideal approach involves, above all, the application of integrated and multidisciplinary actions – a method which is, moreover, recognised by both the European and the Italian Forums<sup>6</sup> on Urban Security, that highlight that crime and urban disorder are complex phenomena which must be tackled with integrated, long-term

policies so as to act upon their deep-seated causes, such as exclusion, discrimination and social inequalities. To this end, at the start of 2020, the European Forum for Urban Security put together a collection of best practices for the use of public bodies in Europe, with the aim of creating a manual with the 50 most significant and innovative projects.<sup>7</sup>

This is how urban environments – which have often become testing grounds for participatory policies and new ‘preventative strategies’ – can experiment with interventions designed to provide solutions to security problems on different scales. With this logic, prevention and security become essential elements for the reduction of social exclusion and the effective protection of individual rights (Nobili, 2019).

Tools are available in support of these strategies, such as the CEN/TR 14383-2 standard, which provides useful support for the design and management of public spaces and which has, as a result, been immediately incorporated into the legislation of many European countries. Proof of this is the French Code de l’Urbanisme, which has absorbed the contents of the standard.

In Italy, the path followed in recent years has favoured a cultural approach that is more attentive to political needs, and as a result, unfairly weighted in favour of approaches oriented towards control and ex-post intervention, much to the detriment of integrated methods and concrete strategies for territorial governance, confirming suspicions that ‘situational prevention’ – also understood as a prospective policy

– has not been adequately acknowledged, or perhaps has simply not been sufficiently understood and therefore developed. It seems paradoxical that unlike in other countries, the aforementioned standard developed at the European level, due to its non-binding nature, is not considered a useful and applicable tool that could also launch concrete medium and long-term experimentation in Italy. It is therefore greatly hoped that local administrations across Italy, in their constant effort to design the ideal ‘safe city’, decide to broaden their cultural scope for the area, as it is an essential action for the development of adequate preventative policies focused on key issues such as the quality of public spaces and urban regeneration (European Forum for Urban Security, 2017).

## Acknowledgements

The contribution, resulting from a common reflection, is to be attributed in equal parts to Authors.

## Notes

1) Article L. 114-1, Chapitre IV – Etude de sécurité publique, Titre Ier – Règles applicables sur l’ensemble du territoire, Livre Ier – Réglementation de l’Urbanisme. For further information, consult the following webpage: [www.legifrance.gouv.fr/affichCode.do?cidTexte=LEGIT-EXT000006074075](http://www.legifrance.gouv.fr/affichCode.do?cidTexte=LEGIT-EXT000006074075) [Accessed 14 April 2020].

2) Contracting Authority: City of Nantes; Project Manager: Nantes Métropole and Nantes Métropole Aménagement; Project: Germe and Jam, Architecture-Territoires; Cost: 26.8 million euros tax excluded, of which 6 million euro for public spaces; Chronology: 2005-2019.

3) Contracting Authority: City of Aubervilliers; Project: Philippe Panerai, Panerai & Associés studio; Cost of studies: € 40,000 excluding tax; Chronology: studies in progress.

4) Awarding Authority: Brest Métropole Habitat and Urban Community of Brest Métropole Océane; Project: Paul Landauer – Atelier Landauer; Cost: 600,000 euros tax excluded (50% Brest Métropole Habitat and 50% Brest Métropole Océane); Chronology: 2006-2007.

5) Significant in the Italian context are also three projects, at different urban scales, promoted by the Municipality of Bologna, Pilastro district (2016-2017), by the Municipality of Maranello for the areas adjacent to the Ferrari production complex (2017) and by the Municipality of Modena for the suburbs (2016).

6) The European Forum for Urban Safety is a network of over 250 European local Authorities founded in 1987 and supported by the Council of Europe. The aim is to stimulate policies and projects aimed at reducing crime, creating synergies and opportunities for cooperation between the various Authorities, as well as presenting and disseminating good practices, training courses and targeted publications. The Italian Forum for Urban Security, born in the light of the experience of the European one, was established in association in 1996 and currently brings together over 40 Italian Cities, Provinces and Regions. It is the most structured body for the promotion and dissemination of urban security policies in Italy.

7) This initiative is part of the project Just & Safer Cities for All, co-funded by the European Commission. It is a project aimed at local Authorities and, more generally, all those involved in the management of the territory, which aims to promote and strengthen the knowledge on measures to improve the quality of life in the city, and in particular to combat intolerance and discrimination.

## References

- Acierno, A. (2010), “Urbanistica securitaria: modelli, limiti e prospettive di ricerca”, in *TRIA / Rivista Internazionale Semestrale di Cultura Urbanistica*, n. 05, pp. 153-166. [Online] Available at: [doi.org/10.6092/2281-4574/1797](https://doi.org/10.6092/2281-4574/1797) [Accessed 14 April 2020].
- Amapola (ed.) (2019), *Sicurezza urbana e legalità nelle città: dai problemi alle politiche locali – Approfondimenti e buone pratiche per amministratori locali*, Città di Bellaria Igea marina, Venezia.
- Amendola, G. (2008), *Città, criminalità, paure – Sessanta parole chiave per capire e affrontare l’insicurezza urbana*, Liguori, Napoli.
- Cardia, C. and Bottigelli, C. (2001), “Vitalità e riqualificazione degli spazi pubblici per la sicurezza urbana – Riferimenti teorici e strumenti operativi”, in *Territorio*, vol. 18, pp. 45-46.
- Comune di Calderara di Reno (2016), *Programma Integrato di Promozione di ERS e Riqualificazione Urbana Relativa ai Blocchi 4/5/6 dell’Insediamento Denominato ‘Garibaldi 2’ in Calderara di Reno – Relazione*. [Online] Available at: [www.comune.calderaradirenbo.it/aree-tematiche/urbanistica/attività-e-servizi/accordo-di-programma-per-la-modifica-e-il-completamento-del-pru-201cgargibaldi-2201d/elaborati-relativi-alla-variante-agli-strumenti-urbanistici/relazione-pru](http://www.comune.calderaradirenbo.it/aree-tematiche/urbanistica/attività-e-servizi/accordo-di-programma-per-la-modifica-e-il-completamento-del-pru-201cgargibaldi-2201d/elaborati-relativi-alla-variante-agli-strumenti-urbanistici/relazione-pru) [Accessed 27 March 2020].
- Council of the European Union (2001), *Conclusions of the Conference ‘Towards a knowledge-based strategy to prevent crime’ held in Sundsvall, Sweden, from 21-23 February 2001*, 6563/01. [Online] Available at: [data.consilium.europa.eu/doc/document/ST-6563-2001-INIT/en/pdf](http://data.consilium.europa.eu/doc/document/ST-6563-2001-INIT/en/pdf) [Accessed 14 April 2020].
- Crowe, T. D. (2013), *Crime Prevention Through Environmental Design*, 3rd edition, Butterworth-Heinemann, Waltham (USA).
- European Forum by Urban Security (2017), *Manifesto – Sicurezza, democrazia e città: Co-produrre le politiche di sicurezza urbana*. [Online] Available at: [issuu.com/efus/docs/manifeste-vit-web](http://issuu.com/efus/docs/manifeste-vit-web) [Accessed 30 April 2020].
- Fasolino, I., Coppola, F. and Grimaldi, M. (2018), *La sicurezza urbana degli insediamenti – Azioni e tecniche per il piano urbanistico*, FrancoAngeli, Milano.
- Jacobs, J. (2009), *Vita e morte delle grandi città – Saggi sulle metropoli americane* [ed. orig. *The Death and Life of Great American Cities*, 1961], Einaudi, Torino.
- Jefferey, C. R. (1971), *Crime Prevention Through Environmental Design*, Sage Publications, Beverly Hills.
- Karrer, F. and Santangelo, S. (2012), “Pianificazione urbana e sicurezza”, in Giovannetti, M. (ed.), *Per una città sicura – Dalle ordinanze agli strumenti di pianificazione e regolamentazione della convivenza cittadina*, Cittalia, Roma, pp. 71-82.
- Kelling, G. L. and Wilson, J. Q. (1982), “Broken Windows: The police and neighborhood safety”, in *The Atlantic*, issue March 1982, pp. 29-38.
- Landauer, P. (2011), *Securisation de deux quartiers d’habitat social à Brest*, in Wyvakens, A. (ed.), *La sécurité urbaine – En questions*, Cedis, pp. 97-99. [Online] Available at: [www.cesip.fr/wp-content/uploads/formidable/33/2010\\_Cedis\\_la-securite-urbaine-en-questions.pdf](http://www.cesip.fr/wp-content/uploads/formidable/33/2010_Cedis_la-securite-urbaine-en-questions.pdf) [Accessed 27 March 2020].
- Landauer, P. (2009), *L’architecte, la ville et la sécurité*, Presses Universitaires de France.
- Newman, O. (1972), *Defensible Space – Crime Prevention Through Urban Design*, The Macmillan Company, New York.
- Nobili, G. G. (2019), “Introduzione”, in Amapola (ed.), *Sicurezza urbana e legalità nelle città: dai problemi alle politiche locali – Approfondimenti e buone pratiche per amministratori locali*, Città di Bellaria Igea marina, Venezia, pp. 7-9.
- Park, R. E., Burgess, E. W. and McKenzie, R. D. (1925), *The City – Suggestions for Investigation of Human Behavior in the Urban Environment*, The University of Chicago Press, Chicago-London. [Online] Available at: [shora.tabriz.ir/Uploads/83/cms/user/File/657/E\\_Book/Urban%20Studies/park%20burgess%20the%20city.pdf](http://shora.tabriz.ir/Uploads/83/cms/user/File/657/E_Book/Urban%20Studies/park%20burgess%20the%20city.pdf) [Accessed 14 April 2020].
- Premier Ministre (2015), *Décret n. 2015-1783 du 28 décembre 2015 relatif à la partie réglementaire du livre Ier du code de l’urbanisme et à la modernisation du contenu du plan local d’urbanisme*. [Online] Available at: [www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000031704629&categorieLien=id](http://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT000031704629&categorieLien=id) [Accessed 14 April 2020].
- Premier Ministre (2007), *Décret n. 2007-1177 du 3 août 2007 pris pour l’application de l’article L. 111-3-1 du code de l’urbanisme et relatif aux études de sécurité publique*. [Online] Available at: [www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT00000652273&idTexte=Texte](http://www.legifrance.gouv.fr/affichTexte.do?cidTexte=JORFTEXT00000652273&idTexte=Texte) [Accessed 14 April 2020].
- Presidente della Repubblica (2017), *Decreto Legge 20 febbraio 2017, n. 14 – Disposizioni urgenti in materia di sicurezza delle città*. [Online] Available at: [www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2017/02/20/17G0030/sg](http://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2017/02/20/17G0030/sg) [Accessed April 2020].
- Vv. Aa. (2012), *Qualité et sûreté des espaces urbains – Onze expériences novatrices*, Collection ‘Recherche du PUCA n. 204’, Centre d’Etudes et d’Expertise sur les Risques et l’Environnement, la Mobilité et l’Aménagement – CEREMA. [Online] Available at: [www.urbanismepuca.gouv.fr/qualite-et-surete-des-espaces-urbains-onze-a174.html](http://www.urbanismepuca.gouv.fr/qualite-et-surete-des-espaces-urbains-onze-a174.html) [Accessed 27 March 2020].
- Wood, E. (1961), *Housing Design – A Social Theory*, Citizens’ Housing and Planning Council, New York. [Online] Available at: [archive.org/details/housingdesignsoc00woodmode2up](http://archive.org/details/housingdesignsoc00woodmode2up) [Accessed 14 April 2020].

## WESTMINSTER, UNA CITTÀ PER TUTTI

Un approccio multiscalar per una comunità sana

## WESTMINSTER, CITY FOR ALL

A multi-scalar approach for a healthy community

Piera Pellegrino

### ABSTRACT

Negli ultimi anni si è diffuso un crescente interesse nella relazione tra pianificazione urbana e il tema della salute dei cittadini supportata dall'azione dell'Organizzazione Mondiale della Sanità che ha spostato l'attenzione sui 'determinanti' della salute, intesi come le condizioni socioeconomiche, culturali e ambientali, oltre che di vita e di lavoro. A partire dal presupposto che la pianificazione urbana giochi un ruolo decisivo nella promozione di stili di vita sani, il presente contributo esamina il caso della Città di Westminster, con lo scopo di evidenziare l'integrazione del tema della salute negli strumenti urbanistici. Le politiche per il miglioramento di salute e benessere, perché abbiano efficacia, necessitano di un approccio multiscalar, tra strategie, anche di tipo settoriale, piani e progetti, e di un'interazione multidisciplinare tra gli attori, così da permettere la definizione di azioni di sviluppo comuni.

In the last few years, the interest in the relationship between urban planning and the topic of citizens' health has spread supported by the action of the World Health Organization which has focused attention on the 'determinants' of health, understood as socio-economic, cultural and environmental conditions, as well as life and work. Starting from the assumption that urban planning plays a decisive role in promoting healthy lifestyles, this contribution examines the case of the City of Westminster, to highlight the integration of the health topic in urban planning tools. To be effective, policies for improving health and wellbeing require a multi-scalar approach, among strategies, including sectorial ones, plans and projects, and a multidisciplinary interaction between the actors, to allow the definition of shared actions of development.

### KEYWORDS

salute e benessere, rigenerazione urbana, multiscalarità, partecipazione, interdisciplinarietà

health and wellbeing, urban regeneration, multiscale, participation, interdisciplinarity

**Piera Pellegrino**, Architect and PhD, is a Postdoctoral Fellow at the SAAD – School of Architecture and Design 'Eduardo Vittoria' of University of Camerino (Italy). She carries out research on: cultural landscape and integration with the renewable energy; urban planning and seismic risk and prevention; urban regeneration and revitalization; urban wellbeing and healthy city; climate change and quality of life. Mob. +39 340/61.87.505 | E-mail: piera.pellegrino@unicam.it

L'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) definiva nel 1948 la salute come uno stato di completo benessere fisico, mentale e sociale e non semplicemente l'assenza di malattia e di infermità (World Health Organization, 2020) e invitava le Nazioni ad adoperarsi, attraverso un programma di educazione alla salute, al fine di promuovere uno stile di vita sano e di garantire ai cittadini un alto livello di benessere. Il concetto di salute oggi si amplia, comprendendo gli aspetti psicologici, le condizioni naturali, ambientali, climatiche e abitative, la vita lavorativa, economica, sociale e culturale. Nel considerare ciò non è più possibile trascurare il ruolo delle città come promotrici di salute. A tal proposito, l'OMS ha coniato il termine 'healthy city' per identificare una città che è consapevole dell'importanza della salute come bene collettivo e che, quindi, mette in atto delle politiche chiare per tutela e migliorarla (Pella et alii, 2016; de Leeuw and Simos, 2017). Questo approccio è ancora più necessario considerando quanto pubblicato dalle Nazioni Unite nel World Urbanization Prospects 2018 (United Nations, 2018). Il Report stima che entro il 2050 circa il 70% della popolazione mondiale vivrà in città, ciò comporterà un incremento dell'urbanizzazione e un conseguente aumento degli effetti negativi sull'ambiente urbano e sulla qualità della vita delle persone.

L'esponenziale sviluppo urbano modifica lo stile di vita dei cittadini e continua a trasformare rapidamente il contesto ambientale e sociale in cui vivono. L'urbanizzazione crea nuove criticità: riduce l'equità, genera tensioni sociali e introduce minacce per l'ambiente e per la salute delle persone (HCI, 2016). Attualmente i problemi più critici possono essere compresi e risolti solo se si effettua un'analisi dei 'determinanti' sociali, economici e ambientali e dei fattori di rischio che hanno un impatto sulla salute. Il miglioramento della qualità urbana ha delle ricadute dirette sui 'determinanti' ambientali di salute e delle ricadute indirette sui 'determinanti' comportamentali: un ambiente urbano sano e di qualità è in grado di promuovere stili di vita attivi e consapevoli, migliorando significativamente la salute pubblica dei cittadini (D'Onofrio and Trusiani, 2017). Al contempo l'urbanizzazione può anche rappresentare un'opportunità per migliorare la salute e il benessere: la pianificazione della città è in grado di condizionare e modificare i bisogni, gli stili di vita e le aspettative dell'individuo, fattori che dovrebbero essere considerati nella definizione dell'azione pubblica.

Già durante la Prima Conferenza Internazionale sulla Promozione della Salute, riunita a Ottawa il 21 novembre 1986, l'OMS invitava i vari livelli di Governo (sovranazionale, nazionale, territoriale e locale) a intervenire con strategie e programmi inerenti la salute e il benessere, nella consapevolezza che la promozione di queste tematiche richiede un'azione coordinata da parte di tutti i soggetti coinvolti e non solo dei sistemi sanitari (World Health Organization Europe, 1986). L'OMS ha manifestato, in diverse occasioni, la convinzione che i Piani urbanistici siano gli strumenti più appropriati per favorire la salute e il benessere attraverso azioni concrete invitando le Amministrazioni locali a

sperimentare con il sostegno delle comunità locali e degli stakeholder presenti sul territorio (D'Onofrio and Trusiani, 2018). Questo approccio impone agli Amministratori locali di definire prioritariamente politiche, strategie e piani che integrino la disciplina urbanistica con quella medica e coinvolgano le parti interessate attorno a obiettivi comuni.

Il ruolo chiave che assume la città nel perseguitamento della salute e del benessere dei cittadini lo ritroviamo anche nell'Agenda Globale per lo Sviluppo Sostenibile<sup>1</sup> (ONU, 2015) articolata nei 17 Sustainable Development Goals (SDGs) e in particolare nell'Obiettivo 11 – Città e Comunità Sostenibili, che mira a rendere le città e gli insediamenti umani inclusivi, sicuri, resilienti e sostenibili. Le città possono incentivare una pianificazione urbana che dia priorità al miglioramento e alla fruibilità degli spazi verdi e pubblici sicuri, e che migliori la qualità dell'aria e promuova l'attività fisica. I target relativi al SDG 11, così definiti, influiscono sull'Obiettivo SDG 3 – Salute e Benessere, che intende assicurare la salute e il benessere a tutti i cittadini di tutte le età, riducendo il numero di decessi per malattie croniche e per incidenti stradali. In questo senso le città possono giocare un ruolo importante attraverso l'attuazione e il miglioramento di politiche efficaci.

In tale direzione si collocano alcune esperienze innovative maturate già da qualche anno nel Regno Unito che hanno concretizzato azioni per ridurre le diseguaglianze in tema di salute e per apportare benefici significativi alle comunità in termini di qualità della vita. Alla luce delle suddette premesse, il contributo si occupa, attraverso l'analisi dell'operato della città di Westminster, di vagliare metodi, orientamenti e contenuti nel campo dei 'determinanti' della salute e dello sviluppo urbano impiegati nelle strategie, nei piani e/o nei progetti a scala urbana, con il fine di analizzare i progressi che si stanno compiendo e d'indagare se l'approccio multiscale può regolare e supportare l'attività pianiificatoria. Inoltre, il contributo vuole approfondire anche il ruolo delle comunità locali nella costruzione di soluzioni e azioni relative all'healthy urban planning indagando le modalità di partecipazione e di coinvolgimento nel processo decisionale.

**Il tema della salute nelle strategie della Città di Westminster** | La Città di Westminster ha elaborato strategie, piani e progetti integrati e innovativi per migliorare la salute e il benessere della propria comunità supportata da una nazione attenta e sensibile a tali temi. Nel 2010 è stato pubblicato, su commissione del Segretario di Stato per la Salute, il Fair Society, Healthy Lives – The Marmot Review<sup>2</sup> (Marmot, 2010), un Rapporto che, a differenza del passato, mette in relazione tutti gli elementi utili per la riduzione delle diseguaglianze lungo una direttriva che persegue i seguenti obiettivi politici<sup>3</sup>: offrire a ogni bambino il migliore inizio della vita; assicurare a tutti i bambini, i giovani e gli adulti la possibilità di massimizzare le proprie capacità ed esercitare un controllo sulle proprie vite; creare impegno e un buon lavoro per tutti; assicurare un salutare standard di vita a ogni cittadino; creare e incrementare luoghi e comunità

salubri e sostenibili; rafforzare il ruolo e l'impatto della prevenzione.

Il Rapporto evidenzia che le diseguaglianze relative alla salute comportano una riduzione della capacità produttiva, sociale e fiscale coinvolgendo tutta la società e spesso sono il risultato delle diseguaglianze sociali che risultano molto accentuate in Inghilterra. Per superarle sono necessarie azioni mirate che intervengono fin dalle fasi iniziali della vita con programmi di sostegno economico, sociale e sanitario non focalizzati solo sui più svantaggiati ma sull'insieme della popolazione con una scala d'intensità diversificata in proporzione ai diversi livelli e situazioni di svantaggio. Inoltre, tali azioni non possono riguardare soltanto la crescita economica ma devono interessare anche la sostenibilità e il benessere, in un quadro dove anche le problematiche legate ai cambiamenti climatici non possono essere disgiunte dalle strategie attuate per ridurre le diseguaglianze della salute. Pertanto, il raggiungimento degli obiettivi comporta un'azione comune fra livelli centrali, Amministrazioni locali, terzo settore e privati, richiedendo in particolare il coinvolgimento delle comunità locali.

In questa cornice politica e concettuale, la Città di Westminster ha pubblicato una strategia con lo scopo di perseguire il benessere e la salute fisica e mentale in modo congiunto<sup>4</sup>. La strategia, intitolata Healthier City – Healthier Lives (City of Westminster, 2013), costituisce un programma chiaro per affrontare le questioni essenziali per la comunità, partendo dalla concezione che operando congiuntamente si possono definire azioni che possano apportare un miglioramento reale e misurabile alla vita degli abitanti di Westminster. La strategia è basata su una conoscenza approfondita della comunità, dei bisogni e delle necessità in base alle fasce di età, ed è strutturata in cinque obiettivi a lungo termine, per il periodo 2013-2028, a cui corrisponde una priorità da perseguire a breve termine dal 2013 al 2016. Il documento per ogni priorità individua delle azioni con relativi settori di competenza, dei risultati chiave e degli indicatori utili per monitorare i progressi e i risultati raggiunti.

Gli obiettivi e le priorità perseguitano una Westminster sicura, sostenibile e solidale dove ogni cittadino è supportato nell'accedere alle cure adeguate e di qualità vicino casa, e incentivato a vivere in modo più sano e più a lungo. Inoltre, la strategia pone l'attenzione ai bisogni dei soggetti fragili: persone con disabilità per migliorarne la qualità di vita e promuoverne l'indipendenza, e bambini/giovani per migliorare l'ambiente in cui vivono, giocano e apprendono.

Successivamente, la Città di Westminster ha concepito l'Health and Wellbeing Strategy for Westminster 2017-2022 (City of Westminster, 2017c), con il supporto del sistema sanitario locale (il NHS West London), un documento che si concentra sulla prevenzione per garantire ai cittadini di vivere bene attraverso un sistema di governance collaborativo e coerente incentrato sul benessere e la cura. La strategia di durata quinquennale si focalizza su quattro priorità, ribadendo diversi obiettivi della strategia precedentemente pubblicata, che mirano a migliorare la qualità della vita e delle cu-

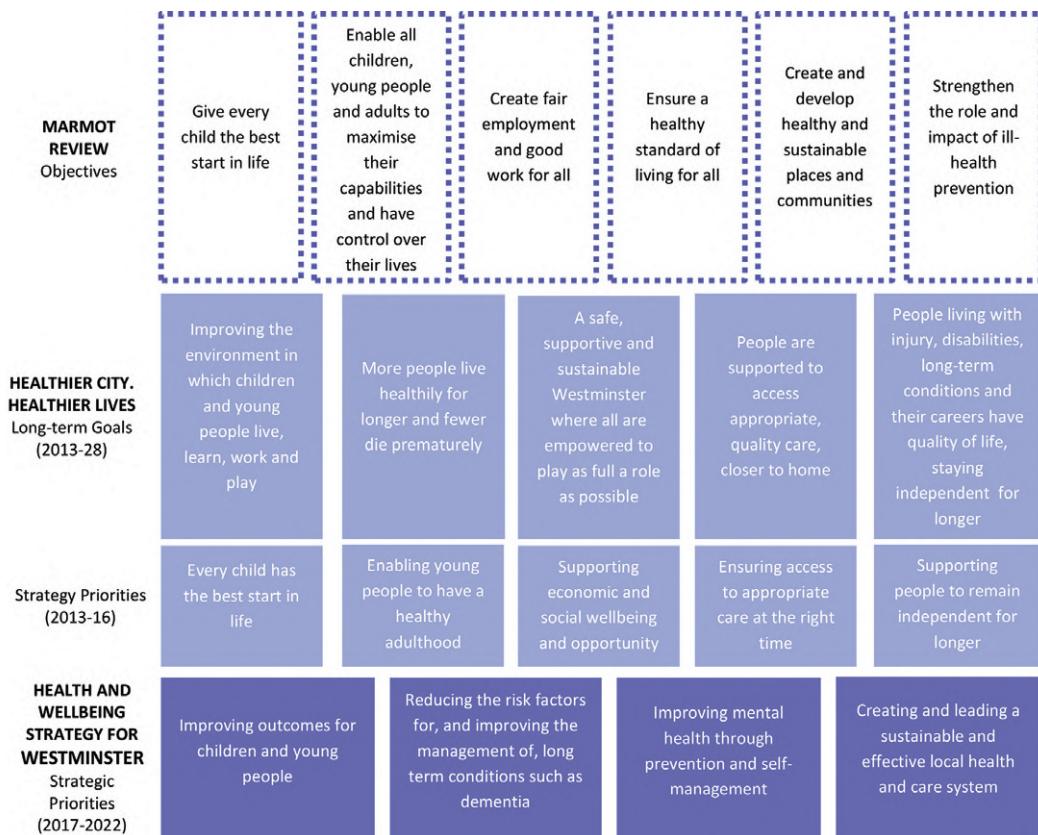


Fig. 1 | Westminster health and wellbeing goals and priorities, by Marmot Review to Health and Wellbeing Strategy for Westminster (source: [www.westminster.gov.uk](http://www.westminster.gov.uk), 2017).

re, la sostenibilità finanziaria per l'assistenza sanitaria, l'esperienza professionale, le prestazioni operative e la collaborazione tra i servizi (Fig. 1). L'azione lungimirante del Westminster Council sui temi della salute è rafforzata dalla vision di realizzare una City for All (City of Westminster, 2015), invitando tutti i cittadini a contribuire nel processo decisionale su tre concetti chiave: 1) Aspiration – consentire a tutta la comunità di vivere la prosperità economica della propria città; 2) Choice – creare opportunità per residenti, aziende e turisti e fare scelte responsabili e consapevoli per loro, le loro famiglie e il loro quartiere; 3) Heritage – proteggere e valorizzare il Patrimonio di Westminster al fine di rendere ogni quartiere un luogo ideale in cui vivere, lavorare e visitare.

Per facilitare la condivisione delle informazioni, il coinvolgimento e la partecipazione dei cittadini l'Amministrazione ha organizzato dei tour in città per agevolare il dialogo con i residenti e le aziende, e ha lanciato una piattaforma online dove è stato possibile prendere parte ai dibattiti. Molto interessante è stata la proposta di contribuire con il volontariato, in supporto al Team Westminster, donando il proprio tempo per aiutare, organizzare eventi e attività ricreative nei diversi quartieri. La vision è stata ribadita negli anni successivi e aggiornata fino ad oggi modificandone man mano i temi chiave sempre più rivolti alla salute e al benessere del cittadino. Nel periodo 2018-2019 l'approccio è stato incentrato su altre cinque questioni distinte che prefigurano Westminster come:

- 1) City of opportunity – l'Amministrazione vuole assicurare a tutti l'opportunità di concretizzare la propria carriera e di vivere la vita nella pro-

pria città provvedendo all'adozione di un nuovo strumento urbanistico, assicurando pari opportunità ai ragazzi di differente estrazione sociale, sostenendo i cittadini nel trovare un lavoro adeguato attraverso il sostegno alle nuove imprese e infine istituendo un nuovo modello d'istruzione professionale che arricchisce la città di nuovi talenti;

2) City that offers excellent local services – l'Amministrazione vuole continuare a investire sui servizi locali, in particolare rivolti ai bambini, collaborando con numerosi stakeholder per garantire una città sicura, pulita e ben gestita, e standard abitativi idonei in particolare per le persone che usufruiscono di un affitto; inoltre, vuole sostenere il lavoro di artisti e musicisti di strada con il fine di accogliere e far vivere esperienze uniche e singolari ai turisti e ai residenti, e prevedere azioni per incentivare le imprese e le attività nei diversi quartieri;

3) Caring and fairer City – la Città persegue l'obiettivo di supportare i più vulnerabili della comunità con diverse azioni e differenti forme di finanziamento per i senza tetto, per i giovani e i bambini, per le persone che soffrono di malattie a lungo termine, ecc.;

4) Healthier and greener City – il Westminster Council, con la collaborazione di diversi attori (tra cui le Scuole) e del NHS vuole garantire il miglioramento dell'aria, l'accesso agli spazi aperti e agli impianti sportivi, e incoraggiare i residenti ad assumere comportamenti sani;

5) City that celebrates its communities – l'Amministrazione ha intenzione di assicurare a tutti i cittadini la partecipazione al processo decisionale e in questo senso ritiene che sia necessario riformare il sistema di pianificazione in

modo che i rappresentanti della comunità possano interagire durante l'iter di redazione del Piano con lo scopo di rendere più trasparente il processo; le diversità presenti nella comunità e nei quartieri saranno ritenute una ricchezza e quindi saranno supportate e tutelate attraverso diverse azioni di sostegno.

Per quanto riguarda l'integrazione dei temi della salute negli strumenti urbanistici, il National Planning Policy Framework – NPPF<sup>5</sup>, che definisce il sistema di pianificazione a livello nazionale, ha lo scopo di perseguire uno sviluppo sostenibile, economico, sociale e ambientale, attento alla produttività e all'innovazione, alla mitigazione e all'adattamento ai cambiamenti climatici, alla salute dei cittadini e delle generazioni future. Nel NPPF il tema della salute e il benessere della comunità diviene il tema trasversale che orienta la pianificazione della città che deve «[...] to support strong, vibrant and healthy communities [and have to guarantee] accessible services and open spaces that reflect current and future needs and support communities' health, social and cultural well-being» (Ministry of Housing, Communities and Local Government, 2012, p. 5). Il punto 8 della suddetta norma, relativo alle linee di sviluppo sostenibile, è dedicato specificatamente alla promozione di comunità sane e sicure: il NPPF dichiara che il sistema di pianificazione può svolgere un ruolo importante nel facilitare l'integrazione sociale e creare comunità sane e inclusive attraverso la realizzazione di luoghi sicuri con percorsi pedonali e ciclabili, di spazi verdi fruibili, accessibili e attrezzati, di impianti dedicati allo sport (NHS London Healthy Urban Development Unit, 2012).

Nel Westminster's City Plan del 2016<sup>6</sup>, il principale documento del Westminster's Local Development Framework<sup>7</sup> il tema della salute e del benessere è presente negli obiettivi di Piano nonostante l'Amministrazione abbia già compiuto negli anni notevoli progressi in termini di disuguaglianza della salute (City of Westminster, 2016). Il Piano pone l'attenzione su aree che evidenziano ancora aspetti critici e su questioni chiave che contribuiscono a migliorare la vivibilità della città. Lo strumento dedica la S29 Policy all'Health, Safety and WellBeing, sottolineando che un ambiente sano e sicuro contribuisce al benessere delle persone e pertanto deve essere perseguito e garantito in tutte le scelte di sviluppo e da tutti gli attori. Il Piano propone, in linea con le strategie sopra delineate, di affrontare e risolvere alcune minacce che derivano direttamente dal contesto comunale: garantire la sicurezza stradale, ridurre i tassi di criminalità ed eventuali atti di terrorismo, ridurre i rischi ambientali, l'inquinamento acustico, dell'aria e l'isola di calore. Inoltre si prefigge di definire soluzioni per migliorare i 'determinanti' della salute nelle scelte pianificatorie (per esempio assicurare l'accesso all'occupazione), fornire alloggi di buona qualità e munire la città di molteplici servizi locali e spazi aperti.

**Dalle strategie al progetto: il Church Street Masterplan** | Fra i molti interventi attuati dal Westminster Council, il Masterplan per l'area di Church Street<sup>8</sup> è un esempio di come le azioni di rigenerazione urbana sono concepite secon-

do un approccio interdisciplinare e multiscalar (City of Westminster, 2017a, 2017b). L'intervento è strutturato attraverso un processo complesso nel quale convergono i principi e gli obiettivi delle strategie incentrate su salute e benessere e le politiche urbanistiche comunali (e di conseguenza sovra comunali), basandosi sulla coesione della comunità, la partecipazione e la collaborazione dei diversi gruppi sociali e l'equilibrio tra le azioni pianificatorie, il tutto per perseguire una visione sostenibile dell'area.

Diverse strategie e Piani hanno guidato e influito sulla formazione del Masterplan, definendo le azioni di rigenerazione tradotte nel tempo in interventi e in scelte pianificatorie, revisionate e aggiornate, da altri strumenti urbanistici comunali. In particolare, le azioni di rigenerazione del Masterplan ricadono nella policy S12 North Westminster Economic Development Area e in alcune strategie generali del Westminster City Plan (City of Westminster, 2016) approfondite dal City Management Plan (City of Westminster, 2011a). Quest'ultimo include il quartiere in policy generiche (come CMP 1.28 – Restaurants, cafes and other; CMP 1.31 – Other Entertainment Uses; ecc.) ma gli dedica una specifica policy, la CMP 1.12 – Church Street/Edgware Road District Shopping Centre. Il Masterplan si ispira integralmente, negli obiettivi generali, alla vision City for All della Città di Westminster a partire dal 2017/2018 (City of Westminster, 2018a).

Nonostante la sua vicinanza al West End di Londra, l'area di Church Street è caratterizzata da una popolazione etnicamente differenziata, contraddistinta da un'alta percentuale di stranieri e da un'alta concentrazione di housing sociale (Figg. 2-4). Si tratta di un quartiere svantaggiato, con gravi problemi di esclusione socio-economica e numerosi eventi di criminalità e disordine, che presenta un quadro economico e di salute con tassi inferiori rispetto alle zone limitrofe<sup>9</sup>. Il cuore dell'area è costituito da un famoso mercato all'aperto nato negli anni '60 e considerato il più grande di Westminster (Fig. 5). Il Masterplan fornisce una risposta alle problematiche esistenti e guida la crescita economica, sociale e urbana dell'area nei prossimi 15-20 anni con l'obiettivo di migliorare la qualità della vita dei residenti realizzando nuovi servizi, nuove abitazioni, nuovi posti di lavoro e opportunità per uno stile di vita sano e prospero (Figg. 6, 7). L'intervento è concepito su quattro fattori chiave: la salute e il benessere, le abitazioni, le imprese e il mercato, e i collegamenti con la città.

Il primo driver mira a realizzare nuovi spazi aperti verdi accoglienti e fruibili da tutti i residenti e a migliorare quelli esistenti per incoraggiare i cittadini a relazionarsi e trascorrere il tempo libero favorendo l'esercizio fisico, l'integrazione e la condivisione. Le strade saranno piantumate con nuove alberature ed essenze nel rispetto della biodiversità e della stagionalità per mitigare l'inquinamento atmosferico e l'effetto dell'isola di calore urbano. Tali interventi permetteranno un maggior contatto con la natura e con il verde migliorando il benessere mentale della comunità. Inoltre, il progetto propone la realizzazione di un Centro per la salute connesso a un nuovo hub che fornirà al quartiere di-

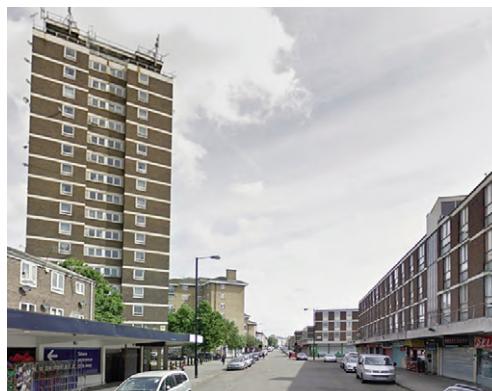
versi servizi come la biblioteca e strutture per la formazione e l'assistenza all'infanzia. Il secondo fattore chiave è relativo alle abitazioni: il Masterplan si pone l'obiettivo di fornire nuove tipologie di residenze, diversificate per proprietà, con tariffe accessibili per i residenti. Le nuove abitazioni contribuiranno a realizzare nuove connessioni, spazi aperti efficienti e fruibili e, di conseguenza, un quartiere più vivibile.

Relativamente al terzo driver, il Masterplan, rispettando la vocazione commerciale dell'area, vuole sostenere il mercato esistente nonostante non sia prospero come nel passato. Il progetto incentiva la vendita al dettaglio (in particolare sull'asse commerciale di Church Street) e l'apertura di nuove attività di ristorazione e imprese (Fig. 8). Tali interventi renderanno il quartiere più attraente e la comunità più intraprendente mediante la creazione di nuovi posti di lavoro e nuove opportunità d'impresa (Figg. 9, 10). Il Masterplan, per migliorare l'accessibilità dei residenti e dei turisti, propone inoltre un sistema di accessi e di percorsi sicuri, riconoscibili e ben definiti, sia di attraversamento dell'area sia di collegamento con i quartieri circostanti. Il progetto favorisce la viabilità pedonale e ciclabile attraverso la modifica della sezione stradale, l'installazione di stalli per le biciclette a no-

leggio e il potenziamento della segnaletica e dell'illuminazione. Gli assi che collegano le aree verdi e i parchi saranno piantumati rendendo piacevole il muoversi a piedi.

I quattro driver, dal punto di vista attuativo, sono esplicitati e localizzati in cinque specifiche aree d'intervento: Limestone Street, Church Street Sites (A, B e C), Lisson Grove, Gateforth and Cockpit Theatre, Little Church Street (City of Westminster, 2011b). Di rilevante interesse è anche il progetto del paesaggio, attento alla biodiversità e al patrimonio naturalistico dell'area<sup>10</sup>, che mette a sistema nuove aree verdi, diversificate per funzione e attività, e quelle esistenti creando nuovi corridoi ecologici. Per ogni area verde sono specificati gli accessi, le modalità di fruizione e le prestazioni ambientali e paesaggistiche.

La proposta progettuale è il risultato di un importante processo di partecipazione della comunità attuato nel 2017 dall'Amministrazione comunale e svolto prima della definizione definitiva del Masterplan. Per garantire il massimo coinvolgimento dei cittadini sono stati ampiamente pubblicizzati gli incontri e gli eventi, è stata organizzata una mostra permanente ed è stato predisposto un ampio programma di sensibilizzazione strutturato con lo scopo di



Figg. 2-4 | Although bordering wealthier areas, Church Street is a disadvantaged neighbourhood, with serious problems of social, economic exclusion and numerous events of crime and disorder (source: www.lda-design.co.uk, 2020).

fornire un flusso costante di informazioni, sempre aggiornate, e raggiungere più persone possibili. Sono stati esposti circa 200 poster, è stato redatto un documento di sintesi che è stato consegnato a circa 6.000 indirizzi dell'area di Church Street, sono stati distribuiti dei volantini e circa 6.000 copie di una newsletter con le date degli incontri di partecipazione.

In aggiunta, è stato adottato un approccio mirato per i gruppi svantaggiati, difficili da coinvolgere e da raggiungere. Durante gli incontri, programmati per target di stakeholder, è stato distribuito un feedback form per l'esplicitazione dei pareri e delle richieste dei cittadini. Inoltre, per agevolare la partecipazione dei cittadini stranieri è stata prevista la traduzione del materiale illustrativo in più lingue. L'Amministrazione ha anche istituito l'importante figura del Community Connector con lo scopo di coinvolgere i cittadini con difficoltà nel processo decisionale e incentivare il dialogo, con il risultato che diverse richieste e rilievi della comunità sono state accolte nel progetto.

**Conclusioni** | Nell'operato della città di Westminster è riscontrabile la volontà di raccordare le politiche e le strategie urbane con il quadro teorico e normativo definito a livello nazionale, e d'integrare il tema della salute all'interno delle scelte pianificatorie, sia a livello comunale che di quartiere. L'approccio multiscalar diviene per la Città di Westminster un sostanziale strumento di lavoro che, in un'ottica sistematica e intersettoriale, favorisce l'individuazione di strategie, di azioni e d'interventi per una città sana e sostenibile. Tale approccio ha richiesto processi conoscitivi, programmatici e progettuali che hanno superato, innovando, la segmentazione delle competenze e accelerato il processo decisionale, rendendo gli obiettivi coerenti e vicini ai cittadini e affrontando le difficili questioni legate al tema della salute e allo sviluppo della città. In questa pratica è rintracciabile se non proprio un rinnovamento degli strumenti cognitivi e processuali sicuramente un adeguamento degli stessi rispetto alle realtà emerse.

Nel caso della Città di Westminster, la multiscalarità ottimizza le differenti politiche urbane, anche settoriali, e regola l'attività pianificatoria, considerando la dimensione partecipativa come elemento cardine. Le strategie, i Piani e i progetti rispondono concretamente alle esigenze delle comunità locali che esprimono necessità e prio-

rità del luogo assumendo il ruolo di portatori di conoscenze e di co-progettisti. L'Amministrazione comunale coinvolge la cittadinanza sia nell'analisi delle problematiche e delle necessità per definire gli obiettivi sia nell'elaborazione delle azioni e delle soluzioni, con l'intento di apportare il massimo beneficio alla comunità.

L'azione di rigenerazione urbana attuata nell'area Church Street si confronta con la complessità del contesto e delle questioni di un quartiere svantaggiato con problematiche di esclusione sociale ed economica, dove anche la ri-definizione dello spazio pubblico non è semplicemente un atto progettuale di ridisegno ma implica modi e usi diversi per comunità differenti. Pertanto, il Masterplan si prefigge di rispondere con un sistema d'interventi articolati e multidimensionali capaci, da un lato, di rispondere a molteplici esigenze, dall'altro, di cogliere anche le opportunità espresse dall'ambiente urbano e dalle comunità (Figg. 11-13). L'Amministrazione ha favorito la partecipazione e il coinvolgimento dei cittadini che vivono il quartiere per definire una visione di rigenerazione concepita su linee d'azione e interventi al fine di migliorare salute, benessere sociale e culturale per tutte le categorie della comunità, anche quelle più svantaggiate.

L'efficacia del coinvolgimento della comunità locale e degli stakeholder è assicurata attraverso processi di bottom-up piuttosto che processi guidati dall'alto o che fanno riferimento a platee troppo affollate. Sono state preferite azioni di coinvolgimento concrete che hanno responsabilizzato direttamente i cittadini facendoli sentire parte del progetto di rigenerazione: è sufficiente pensare alla mostra permanente, promossa con un vasto programma di sensibilizzazione, aggiornata costantemente con le informazioni relative al processo decisionale così da raggiungere un'ampia platea di cittadini. Sebbene le peculiarità, normative, economiche, ambientali e sociali, di ogni contesto urbano non consentano l'immediata trasferibilità di questa buona pratica, l'approccio multiscalar e multisettoriale basato su una sostenibilità sociale sperimentato dalla Città di Westminster può costituire un valido modello per altre realtà, modificandolo e adattandolo in funzione delle specificità locali. La cooperazione tra i settori, in particolare con il settore sanitario, il dialogo e la partecipazione attiva della comunità, intesa come priorità per la sostenibilità sociale del progetto, hanno favorito e possono favorire l'integrazione dei temi relativi al miglioramento della salute e del benessere negli strumenti di pianificazione urbana, purché si ponga l'accento su un rinnovo degli strumenti conoscitivi, d'indagine e di costruzione sociale del cambiamento/trasformazione.

health today expands, including the psychological aspects, natural, environmental, climatic and housing conditions, working, economic, social and cultural life. Considering this, it is no longer possible to neglect the role of cities as health promoters. In this regard, WHO coined the term 'healthy city' to identify a city that is aware of the importance of health as a common good and which, therefore, implements clear policies to protect and improve it (Pella et alii, 2016; de Leeuw and Simos, 2017). This approach is even more necessary considering what is published by the United Nations in the World Urbanization Prospects 2018 (United Nations, 2018). The report estimates that almost 70% of the population will live in cities by 2050, this will lead to a growth of urbanization and a consequential increase in the negative effects on the urban environment and on the quality of life of people.

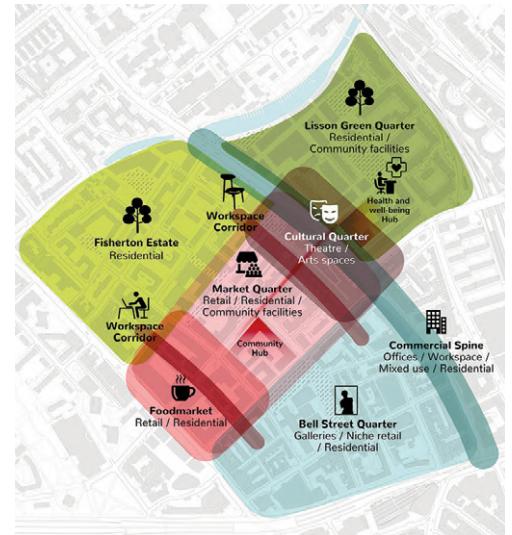
The exponential urban development modifies the lifestyle of citizens and continues to rapidly transform the environmental and social context in which they live. Urbanization defines new critical issues: it reduces equity, generates social tensions, and introduces threats to the environment and people's health (HIC, 2016). Currently, the most critical problems can be understood and solved by carrying out an analysis of the social, economic, and environmental 'determinants' and of the risk factors that have an impact on health. The improvement of urban quality has direct consequences on environmental health 'determinants' and indirect effects on behavioural 'determinants': a healthy and quality urban environment can promote active and aware life-styles, significantly improving the public health of citizens (D'Onofrio and Trusiani, 2017). At the same time, urbanization can also represent an opportunity to improve health and wellbeing: city planning can condition and modify the needs, life-styles, and expectations of the individual, factors that should be considered in the definition of public action.

Already during the First International Conference on Health Promotion, held in Ottawa on November 21, 1986, WHO invited the various levels of government (supranational, national, territorial and local) to carry out strategies and programs related to health and well-being, in the awareness that the promotion of these issues requires coordinated action by all parties involved and not only by health systems (World Health Organization Europe, 1986). WHO expressed, on several occasions, the belief that urban plans are the most appropriate tools for promoting health and wellbeing through concrete actions, inviting local administrations to experiment with the support of local communities and stakeholders (D'Onofrio and Trusiani, 2018). This approach requires local administrators to prioritize policies, strategies, and plans that integrate urban and medical disciplines and involve stakeholders around common objectives.

The key role that the city assumes in achieving the health and wellbeing of citizens is also established in the 2030 Agenda for Sustainable Development<sup>1</sup> (ONU, 2015) articulated into the 17 Sustainable Development Goals



Fig. 5 | The heart of the area is made up of an open-air market (source: www.antiquestradegazette.com, 2019).



**Fig. 6, 7** | Masterplan will create a more prosperous place to live and it establishes clear areas to support a lively day and night economy (source: [www.lda-design.co.uk](http://www.lda-design.co.uk/), 2020).

(SDGs) and in particular in Goal 11 – Sustainable Cities and Communities, which aims to make cities and human settlements inclusive, safe, resistant and sustainable. Cities can encourage urban planning that gives priority to the improvement and usability of safe green and public spaces, and that improves air quality and promotes physical activity. The SDG 11 targets, thus defined, affect the SDG 3 – Good Health and Wellbeing, which aims to ensure healthy lives and wellbeing for all citizens of all ages, reducing the number of deaths from chronic diseases and road traffic accidents. In this sense, cities can play an important role in the implementation and improvement of successful policies.

In this direction, there are some innovative experiences of the past few years in the United Kingdom that implemented actions to reduce health inequalities and to produce relevant benefits to communities in terms of quality of life. In relation to what has so far emerged, the contribution is concerned, through the analysis of the city of Westminster's activities, to examine methods, procedures and contents on the topic of the 'determinants' of health and urban development used in the strategies, plans and/or in urban-scale projects, to analyse the progress being made and investigate whether the multi-scalar approach can regulate and support planning activities. The contribution also aims to deepen the role of local communities in the construction of solutions and actions relating to health urban planning by investigating the methods of participation and involvement in the decision-making process.

**Health topic in the strategies of the City of Westminster** | The City of Westminster developed integrated and innovative strategies, plans

and projects to improve healthy community supported by an attentive and sensitive nation. In 2010, the Fair Society, Healthy Lives – The Marmot Review<sup>2</sup> (Marmot, 2010) was commissioned by the Secretary of State for Health, a Report which, unlike in the past, relates all the elements useful for reducing health inequalities according to a directive, pursuing the following political objectives<sup>3</sup>: give every child the best start in life; enable all children, young people and adults to maximise their capabilities and let control over their lives; create fair employment and good work for all; ensure a healthy standard of living for all; create and develop healthy and sustainable places and communities; strengthen the role and impact of ill-health prevention.

The Report highlights that health inequalities lead to a reduction of productive, social and fiscal capacity involving the whole society and often they are the result of social inequalities which are very accentuated in England. To overcome them, targeted actions are needed in order to operate from the initial stages of life with economic, social and health support programs not focused only on the most disadvantaged but on the whole population with a scale of intensity diversified in proportion to the different levels and situations of weakness. Furthermore, these actions can not only concern economic growth but must also concern sustainability and well-being, in a context where even the problems related to climate change cannot be separated from the strategies implemented to reduce health inequalities. Therefore, the achievement of the objectives involves a common action between central levels, local Administrations, the third sector and private actors, requiring, in particular, the involvement of local communities.

In this political and conceptual framework, the City of Westminster published a strategy to pursue wellbeing and physical and mental health jointly<sup>4</sup>. The strategy, entitled Healthier City – Healthier Lives (City of Westminster, 2013), is a clear program to take on the essential issues for the community, starting from the conception that by working together, actions that can bring real and measurable improvement to the life of the citizens of Westminster can be defined. The strategy is founded on a detailed knowledge of the community, needs and requirements based on age groups, and is structured into five long-term objectives, for the period 2013-2028, which corresponds to a priority to be pursued in the short term from 2013 to 2016. The document for each priority identifies actions with related areas of competence, key results and indicators useful for monitoring progress and results achieved.

The objectives and priorities pursue a safe, sustainable and supportive Westminster where each citizen is supported in accessing adequate and quality care close to home, and encouraged to live healthier and longer. Moreover, the strategy focuses on the needs of frail people: people with disabilities to improve their quality of life and promote their independence, and children / young people to improve the environment in which they live, play and learn.

Successively, the City of Westminster conceived the Health and Wellbeing Strategy for Westminster 2017-2022 (City of Westminster, 2017c), with the support of the local health system (the NHS West London), a Report that focuses on prevention to ensure citizens to live well through a collaborative and cohesive governance system focused on wellbeing and care. The five-year strategy focuses on four priorities, reaffirming various objectives of the previously

published strategy, which aim to improve the quality of life and care, financial sustainability for health care, professional experience, operational performance and collaboration between services (Fig. 1). The forward-looking action of the Westminster Council on health topics is strengthened by the vision of creating a City for All (City of Westminster, 2015), inviting all citizens to contribute in the decision-making process on three key concepts: 1) Aspiration – enabling all communities to share in the economic prosperity of their city; 2) Choice – creating opportunities for residents, businesses and visitors and making responsible choices for themselves, their families and their neighbourhood; 3) Heritage – protecting and enhancing the Westminster's Heritage so that every neighbourhood remains a great place to live, work and visit.

To facilitate information sharing, citizen involvement and participation, the Administration organized city tours to facilitate dialogue with residents and businesses, and launched an online platform where it was possible to take part in the debates. The proposal to contribute with volunteering, in support of Westminster Team, giving their time to help, organize events and recreational activities in the different neighbourhoods can be considered very interesting. The vision was confirmed in the following years and updated to date, gradually changing the key themes increasingly aimed at the health and wellbeing of the citizen. In the 2018-2019 period, the approach focused on five other distinct issues that prefigure Westminster as:

- 1) City of opportunity – the Administration intends to assure everyone the opportunity to make their career and live life in their city by providing for the adoption of a new City Plan, ensuring equal opportunities for children of different social backgrounds, supporting citizens in finding suitable jobs through support for new businesses and finally by establishing a new model of vocational education which will enrich the city with new talents;
- 2) City that offers excellent local services – the Administration intends to continue investing in local services, particularly for children, collaborating with several stakeholders to ensure a safe, clean and well-managed city, and suitable housing standards in particular for people who benefit from a rent; moreover, it intends to

support the street entertainers to get the best experience to tourists and residents, and to foresee actions to encourage businesses and activities in the different neighbourhoods;

- 3) Caring and fairer City – the City pursues the objective of supporting the most vulnerable of the community with different actions and different forms of financing for the homeless, for young people and children, for people suffering from long-term diseases, etc.;
- 4) Healthier and greener City – the Westminster Council, with the collaboration of several actors (including the Schools) and the NHS, wants to guarantee the improvement of the air, access to open spaces and sports facilities, and encourage residents to adopt healthy behaviours;
- 5) City that celebrates its communities – the Administration intends to ensure participation by all citizens in the decision-making process and in this sense it believes that it is necessary to reform the planning system so that community representatives can interact during the process drafting of the Plan in order to make the process more transparent; the community diversity and the neighbourhoods will be considered a wealth and will, therefore, be supported and protected through various support actions.

As regards the integration of health issues into urban planning tools, the National Planning Policy Framework – NPPF<sup>5</sup>, which defines the planning system at the national level, aims to pursue sustainable, economic, social and environmental development, attentive to productivity and innovation, mitigation and adaptation to climate change, the health of citizens and future generations. In the NPPF the healthy community topic becomes the cross-cutting topic that guides the planning of the city in order to «[...] to support strong, vibrant and healthy communities [and have to guarantee] accessible services and open spaces that reflect current and future needs and support communities' health, social and cultural wellbeing» (Ministry of Housing, Communities and Local Government, 2012, p. 5). Point 8 of the law, related to the issue of sustainable development, is specifically dedicated to the promotion of healthy and safe communities: the NPPF declares that the planning system can play an important role in facilitating social interaction and creating healthy and inclusive com-

munities through the construction of safe places with pedestrian and cycle paths, usable, accessible and equipped green spaces, facilities dedicated to sport (NHS London Healthy Urban Development Unit, 2012).

In the Westminster's City Plan of 2016<sup>6</sup>, the main document of Westminster's Local Development Framework<sup>7</sup> the health and wellbeing topics are included in the objectives of the Plan despite the Administration has already carried out relevant progress over the years in terms of health inequality (City of Westminster, 2016). The Plan focuses on areas that still highlight critical aspects and on key issues that contribute to improving the liveability of the city. The tool dedicates the S29 Policy to Health, Safety and WellBeing, emphasizing that a healthy and safe environment contributes to the wellbeing of people and, therefore, must be pursued and guaranteed in all development choices and by all actors. The Plan proposes, according to the strategies outlined above, to address and resolve certain threats that derive directly from the municipal context: guarantee road safety, reduce crime rates and possible acts of terrorism, reduce environmental risks, noise pollution, air and the urban heat island. It also aims to define solutions to improve the 'determinants' of health in planning choices (for example, ensure access to employment), provide good quality accommodation and provide the city with multiple local services and open spaces.

**From strategies to the project: the Church Street Masterplan** | Among the many interventions implemented by the Westminster Council, the Masterplan for the Church Street area<sup>8</sup> is an example of how urban regeneration actions are conceived according to an interdisciplinary and multi-scalar approach (City of Westminster, 2017a, 2017b). The project is structured through a complex process in which the principles and objectives of strategies focused on health and wellbeing and municipal (and consequently supra-municipal) urban planning strategies converge, based on the cohesion of the community, the participation and collaboration of the various social groups and the balance between planning actions, all to pursue a sustainable vision of the area.

Different strategies and Plans guided and influenced the formation of the Masterplan, defining the regeneration actions converted over time into interventions and planning choices, revised and updated, by other municipal urban planning tools. In particular, the regeneration actions of the Masterplan fall within the S12 North Westminster Economic Development Area policy and in some strategies of the Westminster City Plan (City of Westminster, 2016) deepened by the City Management Plan (City of Westminster, 2011a). This tool includes the neighbourhood in general policies (such as CMP 1.28 – Restaurants, cafes and other; CMP 1.31 – Other Entertainment Uses; etc.) but it dedicates a specific policy, CMP 1.12 – Church Street/Edgware Road District Shopping Centre. The Masterplan is completely inspired, in the objectives, by the City for All vision of the City of Westminster starting

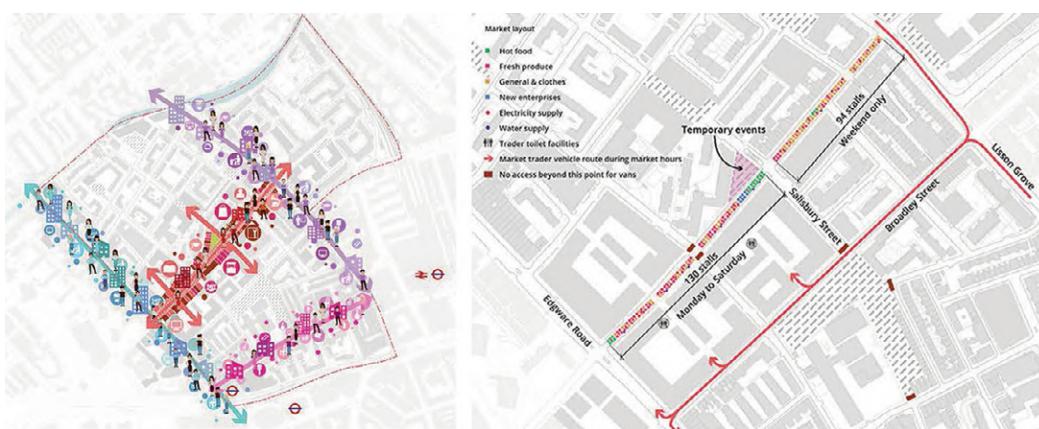


Fig. 8 | Masterplan will provide diversity in retail, commercial and enterprise (source: www.westminster.gov.uk, 2017).

from 2017/2018 (City of Westminster, 2018a).

Despite its proximity to London's West End, the Church Street area is characterized by an ethnically diverse population, characterized by a high percentage of foreigners and a high concentration of social housing (Figg. 2-4). It is a disadvantaged neighbourhood, with serious problems of socio-economic exclusion and numerous events of crime and disorder, which presents an economic and health picture with lower rates than the neighbouring areas<sup>9</sup>. The heart of the area consists of a famous open-air market born in the 1960s, considered the largest in Westminster (Fig. 5). The Masterplan provides an answer to existing problems and guides the economic, social and urban growth of the area in the next 15-20 years intending to improve the quality of life of residents by creating new services, new homes, new jobs and opportunities for a healthy and prosperous lifestyle (Figg. 6, 7). The intervention is conceived on four key factors: health and wellbeing, housing, businesses and the market, and the connections with the city.

The first driver aims to create new green open spaces that are welcoming and usable by all residents and to improve existing ones to encourage citizens to interact and spend their free time by promoting physical exercise, integration and sharing. The streets will be planted with new trees and essences concerning biodiversity and seasonality to mitigate air pollution and the effect of the urban heat island. These interventions will allow greater contact with nature and greenery, improving the mental wellbeing of the community. Besides, the project proposes the construction of a Health Centre connected to a new hub that will provide the district with various services such as the library and facilities for training and childcare. The second key factor relates to housing: the Masterplan aims to provide new types of residences, diversified by the property, with affordable rates for residents. The new homes will help to create new connections, efficient and usable open spaces and, consequently, a more liveable neighbourhood.

Concerning the third driver, respecting the commercial vocation of the neighbourhood, the Masterplan wants to support the existing market despite not being as prosperous as in the past. The project promotes retail (in particular on the Church Street commercial axis) and the opening of new catering businesses and businesses (Fig. 8). These interventions will make the neighbourhood more attractive and the community more enterprising through the creation of new jobs and new business opportunities (Figg. 9, 10). To improve the accessibility of residents and tourists, the Masterplan also proposes a system of access to the neighbourhood and safe, recognizable and well-defined routes, both through the area and connecting with the surrounding neighbourhoods. The project favours pedestrian and cycle paths through the modification of the road section, the installation of stalls for rental bicycles and the enhancement of signs and lighting. The axes that connect the green areas and the parks will be planted, making a pleasant walk.

The four drivers, from an implementation



**Figg. 9, 10** | Church Street Masterplan is a framework for inclusive growth leading to a safer, more social place to live; it is designed to deliver tangible benefits quickly for local people (source: www.lda-design.co.uk, 2020).



point of view, are explicit and located in five specific areas of intervention: Limestone Street, Church Street Sites (A, B and C), Lisson Grove, Gateforth and Cockpit Theatre, Little Church Street (City of Westminster, 2011b). Of particular interest is also the landscape project, attentive to the biodiversity and naturalistic heritage of the area<sup>10</sup>, which puts new green areas into the system, diversified by function and activity, and the existing ones by creating new ecological corridors. For each green area, accesses, methods of use and environmental and landscape performance are specified.

The project proposal is the result of an important community participation process implemented in 2017 by the municipal Administration and carried out before the definitive definition of the Masterplan. To ensure the maximum involvement of citizens, meetings and events were widely publicized, a permanent exhibition was organized and a large structured awareness program was organized to provide a constant flow of information, always updated, and reach more possible people. About 200 posters were displayed, a summary document was prepared and delivered to about 6,000 addresses in the Church Street area, flyers were distributed and about 6,000 copies of a newsletter with the dates of the participation meetings.

Besides, a targeted approach has been adopted for disadvantaged groups, which are

difficult to involve and reach. During the meetings, scheduled by stakeholder target, a feedback form was distributed for the clarification of citizens' opinions and requests. Furthermore, to facilitate the participation of foreign citizens, the translation of the illustrative material into multiple languages has been envisaged. The Administration has also established the important figure of the Community Connector to involve citizens with difficulties in the decision-making process and encourage dialogue, with the result that various requests and comments from the community have been accepted in the project.

**Conclusions** | In the activities of the city of Westminster, one can pinpoint the will to link urban policies and strategies with the theoretical and regulatory framework defined at the national level, and to integrate the theme of health within the planning choices, both at the municipal and neighbourhood. The multi-scalar approach becomes for the City of Westminster a substantial work tool which, in a systemic and intersectoral perspective, favours the identification of strategies, actions and interventions for a healthy and sustainable city. This approach required cognitive, planning and design processes that have overcome, innovating, the segmentation of skills and accelerated the decision-making process, making the objectives coherent and close to the citizens and



facing the difficult issues related to the health topics and the development of the city. In this practice, it is possible to track down if not exactly a renewal of the same cognitive and procedural tools, at least an adaptation of these same instruments for the emerged realities.

In the case of the City of Westminster, a multi-scalar approach optimizes different urban policies, including sectoral ones, and regulates planning activity, considering the participatory dimension as a key element. The strategies, plans and projects respond concretely to the needs of the local communities which express the needs and priorities of the place, assuming the role of knowledge bearers and co-designers. The municipal administration involves citizenship both in the analysis of problems and needs to define objectives and in the elaboration of actions and solutions, to bring maximum benefit to the community.

The action of urban regeneration implemented in the Church Street area is confronted with the complexity of the context and the issues of a disadvantaged neighbourhood with problems of social and economic exclusion, where even the redefinition of public space is not simply a redesign project act but it implies different ways and uses for different communities. Therefore, the Masterplan aims to respond with a system of articulated and multidimensional interventions capable, on the one hand, of responding to multiple needs, and on the other, of seizing the opportunities expressed by the urban environment and communities (Figg. 11-13). The Administration has encouraged the participation and involvement of citizens living in the neighbourhood to define a vision of regeneration conceived on lines of action and interventions to improve health, social and cultural well-being for all categories of the community, even the most disadvantaged.

The effectiveness of the involvement of the local community and stakeholders is ensured through bottom-up processes rather than processes driven from above or which refer to crowds that are too crowded. Concrete involvement actions were preferred which directly empowered the citizens by making them feel part of the regeneration project: just think of the permanent exhibition, promoted with a vast awareness program, constantly updated with information relating to the decision-making process to achieve a wide audience of citizens.

Although the peculiarities, regulatory, economic, environmental and social, of each urban context, do not allow the immediate transferability of this good practice, the multi-scalar and multi-sectoral approach based on social sustainability experimented by the City of West-

**Fig. 11** | The masterplan will propose a community and housing program capable of meeting the current and future needs of residents and businesses (source: [www.stantec.com/uk/](http://www.stantec.com/uk/), 2020).

**Fig. 12** | Improved public space that connects people and offers a high-quality living and working environment (source: [www.stantec.com/uk/](http://www.stantec.com/uk/), 2020).

**Fig. 13** | A greener neighbourhood with new public open spaces for the community (source: [www.westminster.gov.uk/](http://www.westminster.gov.uk/), 2019).

minster can constitute a valid model for others reality, modifying and adapting it according to local specificities. Cooperation between sectors, in particular with the health sector, dialogue and active participation of the communi-

ty, understood as a priority for the social sustainability of the project, have favoured the integration of issues relating to the improvement of health and wellbeing in urban planning tools, provided that emphasis is placed on a renewal

of the cognitive, investigative and social construction tools of change/transformation.

## Acknowledgements

The contribution has been carried out following the analysis of good practices within the research Climate Change and Urban Health Resilience (CCUHRE) – University Fund for Research 2018 of the University of Camerino, coordinated by Prof. R. D' Onofrio.

## Notes

1) The 2030 Agenda for Sustainable Development is an Action Program signed in September 2015 by the Governments of the 193 UN member countries. It organises 17 Sustainable Development Goals (SDGs), into a large action program for a total of 169 targets. The official launch of the Sustainable Development Goals coincided with the beginning of 2016, conducting the world on the way forward over the next 10 years. The Goals follow up on the results of the Millennium Development Goals that preceded them and represent common goals on a set of issues important for global development. For further information, consult the web page: unric.org/it/agenda-2030 [Accessed 12 April 2020].

2) In November 2008, the Secretary of State for Health entrusted Sir Michael Marmot, who coordinated the WHO Commission on health determinants in previous years, to review previous studies on the subject, identifying possible strategies for reducing health inequalities in England.

3) These objectives are defined in priorities and recommendations, and by proposing a timeline of actions up to 2020 and beyond.

4) The strategy was conceived by the Health and Well-being Board, a council made up of municipal Administration officials and local and Central Health experts.

5) The NPPF was published and entered into force in 2012, becoming, with the Localism Act of 2011, the key document for spatial planning. The law was revised in 2018 and 2019.

6) To date, the Plan is being revised through the preparation of a new City Plan 2019-2040.

7) The Westminster's Local Development Framework is made up of a set of documents that provide a framework for local development for the city. Westminster's City Plan is the main document defining policies and strategies for the city. The policy choices are more detailed in the City Management Plan. For more information, visit the web page: www.westminster.gov.uk/westminsters-city-plan-previous-stages [Accessed 12 April 2020].

8) The Administration commissioned the design to the ateliers of Peter Brett Associates and LDA Design.

9) The profile of the neighbourhood is well delineated in the Church Street Ward Profile Report (City of Westminster, 2018b).

10) Lisson Street Gardens is also a designated local Site of Importance for Nature Conservation (SINC).

## References

City of Westminster (2018a), *City for All – 2018/2019*. [Online] Available at: www.westminster.gov.uk/sites/default/files/city\_for\_all\_booklet\_2018\_9.pdf [Accessed 4 February 2020].

City of Westminster (2018b), *Church Street Ward Profile*. [Online] Available at: www.westminster.gov.uk/sites/

default/files/church-street-ward-profile.pdf [Accessed 4 February 2020].

City of Westminster (2017a), *Church Street Masterplan – Consultation Report*. [Online] Available at: www.westminster.gov.uk/sites/www.westminster.gov.uk/files/church\_street\_masterplan\_consultation\_report\_nov\_2017.pdf [Accessed 2nd February 2020].

City of Westminster (2017b), *Church Street Masterplan*. [Online] Available at: www.westminster.gov.uk/sites/default/files/church\_street\_masterplan\_dec\_2017.pdf [Accessed 4 February 2020].

City of Westminster (2017c), *Health and Wellbeing Strategy for Westminster – 2017-2022*. [Online] Available at: www.westminster.gov.uk/sites/default/files/eve\_016\_health\_and\_wellbeing\_strategy\_for\_westminster\_wcc\_2017.pdf [Accessed 14 March 2020].

City of Westminster (2016), *Westminster's City Plan – Consolidated with all changes since November 2013*. [Online] Available at: www.westminster.gov.uk/westminsters-city-plan-strategic-policies [Accessed 14 March 2020].

City of Westminster (2015), *Westminster City for All*. [Online] Available at: city\_for\_all\_year\_1\_booklet%20.pdf [Accessed 07 May 2020].

City of Westminster (2013), *Healthier City – Healthier Lives*. [Online] Available at: www.healthiernorthwestlondon.nhs.uk/sites/nhsnwldon/files/documents/westminster-joint\_health\_and\_wellbeing\_strategy.pdf [Accessed 14 March 2020].

City of Westminster (2011a), *City Management Plan (CMP)*. [Online] Available at: www.westminster.gov.uk/westminsters-city-plan-previous-stages [Accessed 14 March 2020].

City of Westminster (2011b), *The Futures Plan – Church Street, Paddington Green, Lissom Grove*. [Online] Available at: transact.westminster.gov.uk/docstores/publications\_store/charter\_lr.pdf [Accessed 14 March 2020].

de Leeuw, E. and Simos, J. (2017), *Healthy Cities – The Theory, Policy, and Practice of Value-Based Urban Planning*, Springer.

D'Onofrio, R. and Trusiani, E. (2018), *Urban Planning for Healthy European Cities*, Springer.

D'Onofrio, R. and Trusiani, E. (2017), *Città, salute e benessere – Nuovi percorsi per l'urbanistica*, FrancoAngeli, Milano.

HCI – Health City Institute (2016), *Manifesto – La salute nella città: bene comune*. [Online] Available at: healthcitythinktank.org/chi-siamo/manifesto-la-salute-nella-citta-bene-comune/ [Accessed 14 March 2020].

Marmot, M. (2010), *Fair Society, Healthy Lives – The Marmot Review*. [Online] Available at: www.institute-ofhealthequity.org/resources-reports/fair-society-healthy-lives-the-marmot-review/fair-society-healthy-lives-full-report-pdf.pdf [Accessed 14 March 2020].

Ministry of Housing, Communities and Local Government (2012), *National Planning Policy Framework*. [Online] Available at: www.gov.uk/guidance/national-planning-policy-framework [Accessed 27 March 2020].

NHS London Healthy Urban Development Unit (2012), *The National Planning Policy Framework and Health*, Information Note n. 2. [Online] Available at: www.healthyurbandevelopment.nhs.uk/wp-content/uploads/2013/12/NPPF-Health-July-2012-Final.pdf [Accessed 27 March 2020].

ONU – Organizzazione delle Nazioni Unite (2015), *Trasformare il nostro mondo – L'Agenda 2030 per lo Sviluppo Sostenibile*. [Online] Available at: unric.org/it/wp-content/uploads/sites/3/2019/11/Agenda-2030-Onu-italia.pdf [Accessed 27 January 2020].

Pella, R., Lenzi, A., Cosimi, A., Da Empoli, S., Spina-to, C., Serra, F. and Condorelli, C. (2016), "La salute nelle città: bene comune – Una proposta di iniziativa parlamentare a livello europeo", in *Italian Health Policy Brief*, anno VI, speciale 2016, pp. 1-7. [Online] Available at: healthcitythinktank.org/wp-content/uploads/2019/07/06\_La-salute-nelle-citt%C3%A0-bene-comune.pdf [Accessed 14 March 2020].

United Nations (2018), *World Urbanization Prospects – The 2018 Revision*. [Online] Available at: population.un.org/wup/Publications/Files/WUP2018-Report.pdf [Accessed 14 March 2020].

World Health Organization (2020), *Basic Documents*, Forty-ninth edition. [Online] Available at: apps.who.int/gb/bd/pdf\_files/BD\_49th-en.pdf [Accessed 07 May 2020].

World Health Organization Europe (1986), *Ottawa Charter for Health Promotion, 1986*. [Online] Available at: www.euro.who.int/\_data/assets/pdf\_file/0004/12953/2/Ottawa\_Charter.pdf [Accessed 07 May 2020].

## PROGETTARE LO SPAZIO INTERCULTURALE

Approccio multi-scalare nel quartiere  
Albergheria a Palermo

## DESIGNING INTERCULTURAL SPACE

A multi-scalar approach in the Albergheria  
neighbourhood in Palermo

Federico Wulff Barreiro, Renzo Lecardane, Paola La Scala

### ABSTRACT

La migrazione è da sempre una delle forze che orienta la trasformazione urbana stimolando opportunità e sfide per le città, che si modificano in base alle persone che ospitano, spingendo i progettisti ad assumere un ruolo proattivo nella risposta alla crisi. Valorizzare questi cambiamenti e progettare spazi interculturali per le comunità locali attraverso un approccio multi-scalare, che mira a integrare lo spazio urbano, quello architettonico e lo spazio pubblico, è una sfida spaziale complessa e urgente. Il presente saggio illustra quindi nuove letture e sedimenta significati per l'elaborazione di un lavoro collettivo su alcuni spazi urbani del quartiere Albergheria di Palermo, in cui la sperimentazione del processo e l'innovazione del progetto multi-scalare s'intrecciano a più riprese per ricordarci che è possibile immaginare una città migliore rispettosa del passato e impaziente del suo futuro.

Migration has always been a major driver of urban transformation stimulating opportunities and challenges for cities and encouraging architectural and urban designers for taking a proactive and dynamic role in responding to the crisis. Enhancing these changes, and designing intercultural spaces for local communities, is a complex and urgent spatial challenge, that should be addressed by a multi-scalar approach aiming to integrate urban, architectural and public spaces. This paper illustrates a research-action resulting from a collective work developed on key urban spaces of the Albergheria neighbourhood of Palermo, where a design-led research based on a multi-scalar regeneration approach (urban, architectural and public space) can reframe the role of architecture and spatial practices as agents of social, intercultural inclusion and spatial reactivation at different scales.

### KEYWORDS

ricerca-azione, multiscalarità, migrazione, nodo interculturale, mercato storico

research-action, multi-scalar approach, intercultural node, historical market

**Federico Wulff Barreiro**, Architect and PhD, is a Senior Lecturer and the Course Director of the Masters of Architecture Design (MA AD) at the Welsh School of Architecture of Cardiff University (UK). His European Research Unit, EMUVE (Euro-Mediterranean Urban Voids Ecology) focuses on the search of innovative design methodologies for the re-activation of urban landscapes in crisis, from 2008 Economic downturn to the current refugee crisis. E-mail: WulffF@cardiff.ac.uk

**Renzo Lecardane**, Architect and PhD, is an Associate Professor in Urban and Architectural Design at the Department of Architecture of Palermo University (Italy), a Member of the Laboratoire de Recherche Infrastructure Architecture Territoire (ENSA Paris-Malaquais) and the vice President of DEMETRA Ce.Ri.Med. (Euro-Mediterranean Documentation and Research Center). His Research Unit LabCity Architecture focuses on the relationship between architecture and innovation experimenting the city phenomena through the design project. E-mail: renzo.lecardane@unipa.it

**Paola La Scala**, Architect and PhD, is a Teaching Assistant at the Department of Architecture of Palermo University (Italy) and a Member of the Research Unit LabCity Architecture. Her research focuses on temporary architecture as a mean for transforming public space in the city. E-mail: paola.lascala@unipa.it

La migrazione è un processo continuo, oggetto di dibattito politico in Europa, influenzato da una combinazione di fattori economici, ambientali, politici e sociali, nel Paese di origine dei migranti (fattori di spinta) o nel Paese di destinazione (fattori di attrazione). Come afferma la sociologa Saskia Sassen (Lally, 2017) le migrazioni sono create, non avvengono e basta. Ci sono condizioni che le causano. Il World Economic Forum (2017) ha recentemente pubblicato un Report sulla connessione tra il fenomeno migratorio nel Mediterraneo<sup>1</sup> e la città, presentandone un'approfondita analisi sui diversi tipi e sulle cause della migrazione attuale, sul suo conseguente impatto, sulle infrastrutture urbane ovvero su come le città dovranno affrontare questa crescente sfida. Se la gestione della mobilità umana è una delle maggiori sfide per i Paesi di destinazione in tutto il mondo, l'accoglienza in spazi urbani adeguati coinvolge in particolare le comunità locali.

La migrazione non è, infatti, solo il movimento dinamico di persone nello spazio; gli esseri umani portano con sé i propri valori culturali e le proprie percezioni nelle città, in cui ogni luogo è collegato a un altro. E in quest'ottica, l'architettura non può che rappresentare un sistema efficace, che comprende l'infrastruttura fisica dello spazio e le connessioni immateriali intervenendo 'attraverso, oltre e senza confini', con diverse conseguenze sociali oltreché spaziali. Dunque, i nuovi scenari offerti dalla portata di queste migrazioni vanno intesi come un'opportunità per progettare spazi in sinergia interculturale con le comunità locali e i migranti, che vivono nelle stesse città.

**Fenomeno migratorio e città: il caso studio dell'Albergheria di Palermo** | La presenza di migranti e rifugiati nelle città ne modifica i modelli di vita e può essere interpretata come uno dei principali propulsori di trasformazione urbana; ciò implica importanti questioni, ma, allo stesso tempo, apre possibilità, connessioni e interazioni per ripensare lo spazio urbano, in particolare lo spazio pubblico, considerando l'inclusione sociale e interculturale come un'opportunità per affrontare l'attuale crisi di identità della frammentata Europa odierna. Un recente Report delle Nazioni Unite (UN-Habitat, 2019) sottolinea l'importanza di un approccio olistico, intersettoriale e collaborativo all'integrazione di migranti e rifugiati nelle città. Secondo Calin et

alii (2014), la sfida non è fare una scelta binaria tra multiculturalismo e integrazione, ma diventare interculturale; è in tal senso che va ri-progettato lo spazio interculturale come strumento per creare uno spazio sociale inclusivo in grado di soddisfare le esigenze delle diverse comunità urbane (Sandercock, 2016; Blundell Jones, Petrescu and Till, 2005; Castells, 2010).

Nonostante il fenomeno migratorio si stia evolvendo rapidamente, esso è stato considerato principalmente per il suo aspetto sociologico e meno come un'occasione per la trasformazione della città in termini spaziali, adattando le specificità di ogni contesto urbano europeo in cui si manifestano questi fenomeni. Sebbene studi recenti (Vaudetti et alii, 2018; Misirlisoy and Güneş, 2018) abbiano delineato i principi chiave del potenziale uso degli edifici abbandonati come luoghi facilmente adattabili per accogliere rifugiati e migranti, le soluzioni proposte si sono rivelate adeguate solo per il breve termine. Piuttosto è necessario indagare su un metodo con esiti a breve, medio e lungo periodo, che comprenda un programma d'inclusione sociale nella definizione di spazi interculturali nella città. In tal senso, la ricerca-azione presentata intende sottolineare la necessità di un innovativo approccio multi-scalare del progetto di architettura, che mira a incorporare lo spazio urbano, quello architettonico e lo spazio pubblico come opportunità d'integrazione sociale. Questo può rappresentare infatti uno strumento di ricerca-azione in grado di rispondere a una crisi urgente, ancora irrisolta, in termini spaziali e di rigenerazione dello spazio fisico della città europea generando benefici culturali, sociali ed economici, e costruendo un modello inclusivo di trasformazione urbana. A tale scopo, il progetto architettonico si trasforma in uno strumento politico in grado di rispondere attivamente a un'urgenza sociale e architettonica reale della crisi migratoria.

Nel panorama europeo, se la Sicilia continua a rappresentare l'accesso a un significativo flusso migratorio verso il resto d'Italia e d'Europa, Palermo è certamente una delle principali città del Mediterraneo, hub per migranti che si spostano dal Medio Oriente e dall'Africa, sulla quale sperimentare il tema dell'inclusione sociale nel contesto urbano. In quest'ottica diventa fondamentale sperimentare una metodologia progettuale, urbana e architettonica che miri all'integrazione sociale dei migranti

e/o rifugiati, come opportunità per la riattivazione della città storica da un approccio multi-scalare. Secondo Jean-Pierre Malé (2013), l'Istituzione locale rappresenta il livello più vicino ai cittadini e quello che riceve le loro richieste e pressioni di prima mano; in effetti, questa vicinanza tra la municipalità, la società civile e i cittadini significa che il processo decisionale non può essere 'decretato' dall'Istituzione, ma richiede invece maggiore legittimità e ampio consenso nella società civile (organizzata o meno) e tra i cittadini in generale.

La forte collaborazione tra la società civile e il Comune di Palermo ha permesso un approccio accogliente nei confronti dei migranti e dei rifugiati che arrivano in città; più precisamente, il quartiere multiculturale Albergheria a Palermo accoglie una popolazione residente assai varia, che tuttavia convive insieme non senza conflitti (Fig. 1). Il costante processo di accoglienza, non privo di difficoltà, ha favorito l'insediamento di nuove comunità di immigrati come nuovi abitanti del quartiere. Accoglienza e solidarietà, in contrapposizione a degrado e disagio, sono il segnale dell'attuale contesto instabile che emerge con tutte le sue contraddizioni.

In quest'ottica, la ricerca-azione condotta a Palermo re-inquadra gli spazi interculturali come risorsa per la promozione della partecipazione equa e attiva di migranti, rifugiati e comunità locale allo sviluppo sociale ed economico della città, rispondendo così alle esigenze delle diverse comunità, lavorando contemporaneamente, a scala urbana e architettonica, sul tema del riuso del patrimonio esistente per l'integrazione interculturale e sul tema della trasformazione dello spazio pubblico. Una doppia tensione guida questa ricerca sul campo, attraverso continue operazioni di distanziamento e d'interazione con le Istituzioni, le associazioni, gli abitanti locali e i migranti.

**Il Centro Santa Chiara come Nodo Interculturale** | Secondo Homi K. Bhabha (1994) e Jude Bloomfield (2007), un Nodo Interculturale può essere identificato come un 'terzo spazio' (Foucault, 1986; Lefebvre, 1991; Soja, 1996; Nasser, 2005; Sheridan, 2007; Simões Aelbrecht, 2016), ovvero come uno spazio pluralista che sviluppa una pratica relazionale multi-scalare; al suo interno, gli abitanti locali e i migranti, spesso oggetto di esclusione sociale, possono collaborare in progetti eticamente con-



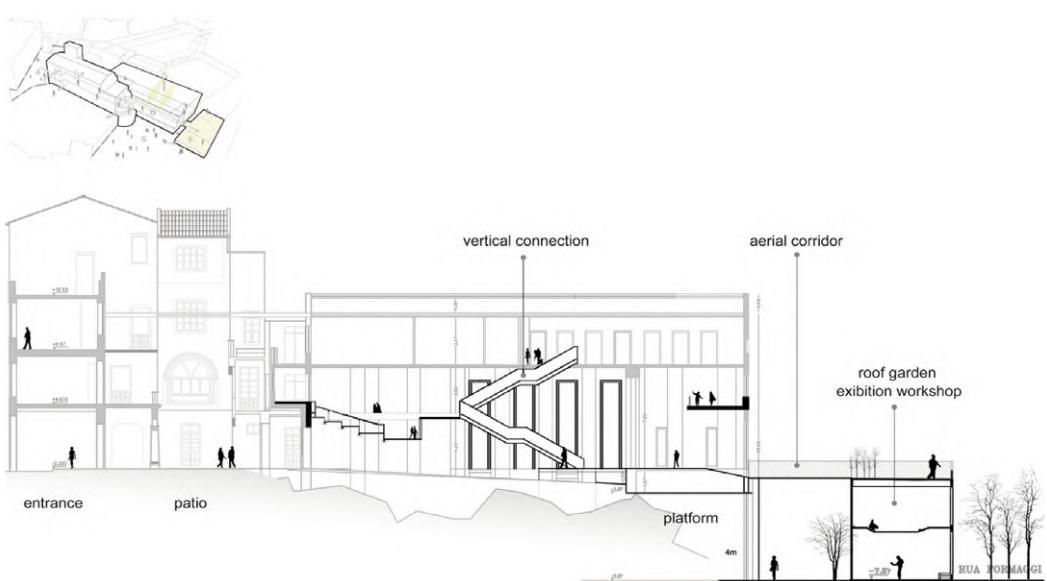
**Fig. 1** | Detail of the Ballarò Market in the Albergheria neighbourhood during the daytime activities (credit: F. D'Alessandro, 2019).

**Fig. 2** | The Santa Chiara Centre and its surrounding urban context (credit: EMUVE Design Research Unit and A. Linardatou, 2017).



**Fig. 3** | Section of the Phoenician walls discovered in the urban void along Via Formaggi (credit: EMUVE Design Research Unit, 2020).

**Fig. 4** | Longitudinal section along the 19th-century Theater annexed to Santa Chiara Center (credit: EMUVE Design Research Unit and P. Chen, 2018).



divisi come l'apertura, il riconoscimento culturale, l'uguaglianza e la condivisione delle conoscenze, attraverso il dialogo e l'espressione creativa (Wood and Landry, 2008; Bloomfield, 2013). I Nodi Interculturali sono dunque concepiti come connettori urbani e sociali, che affrontano contemporaneamente l'esclusione sociale e la frammentazione spaziale.

Nel quartiere Albergheria, per oltre un secolo, il Centro di Santa Chiara (Fig. 2) è stato la realtà più importante per l'accoglienza, l'assistenza e l'integrazione sociale degli abitanti indigenti. Negli ultimi trent'anni, il Centro si è maggiormente concentrato sul sostegno ai bisogni urgenti dei migranti e dei rifugiati sbarcati a Palermo<sup>2</sup> (Ambrosini, 2009), diventando così un punto di riferimento per la promozione dell'inclusione sociale, per la creazione di opportunità e il pieno riconoscimento dei loro diritti. Santa Chiara, inoltre, Centro gestito dall'Ordine Salesiano, è inserita all'interno della comunità SOS Ballarò<sup>3</sup>, di cui ospita le assemblee, al cui dibattito spesso prende parte il Sindaco Leoluca Orlando con i componenti della sua Giunta. Tuttavia, nonostante l'importante ruolo sociale svolto, il Centro si è concentrato principalmente sulle necessità di emergenza degli utenti e, di conseguenza, non ha ancora operato come un vero Nodo Interculturale. In questo contesto, risulta necessaria la creazione di una diversità di "terzi spazi" capace di promuovere le interazioni interculturali tra le comunità che abitano nel quartiere.

Il primo passo della ricerca-azione che si presenta, inquadrata dentro il progetto EMUVE<sup>4</sup>, è stato quello di ri-orientare l'obiettivo di Santa Chiara, promuovendo il riconoscimento del ruolo dei migranti nella trasformazione socio-economica e urbana del territorio, in cooperazione con gli abitanti locali. Pertanto, insieme al personale e agli utenti del Centro, è stata avviata la progettazione collaborativa di un Masterplan multi-scalare che ha compreso strategie e pratiche per sostenere tali interazioni interculturali e affrontare l'attuale disconnessione del Centro con il tessuto urbano e sociale circostante. La ri-connesione sociale è stata intrapresa rafforzando la relazione programmati-

ca con altri spazi interculturali del quartiere, come Moltivolti<sup>5</sup> e Arci Porco Rosso<sup>6</sup>, costruendo reti più ampie su scala urbana.

Allo stesso tempo, una serie di azioni interculturali di "urbanismo tattico" sono in fase di sviluppo, per la riattivazione degli spazi degradati annessi al Centro e per un adeguato inserimento di quest'ultimo nel contesto circostante. Tali azioni esplorano metodi innovativi di progettazione partecipativa con locali e migranti, promuovendo l'impatto urbano e sociale di Santa Chiara. A partire dall'analisi critica delle precedenti esperienze di Centri Interculturali creati in Italia (Bonora and Giardini, 2004), l'obiettivo è quello di stimolare un coinvolgimento attivo della cittadinanza, che includa i migranti nelle strategie di governance, gestione e finanziamento del Centro Santa Chiara, basate su modelli di economia sociale.

L'ingresso principale del Centro si apre su Piazzetta delle Sette Fatte, uno spazio pubblico degradato oggi occupato da un parcheggio informale, caratterizzato da diversi elementi particolarmente interessanti per la sua riattivazione. Lo spazio accoglie anche l'Associazione Senegalese della Sicilia Occidentale (ASSO), che proprio nel Centro Santa Chiara organizza la preghiera musulmana del venerdì. E ancora, la Torre dell'Acqua nel cortile Sette Fatte<sup>7</sup>, una cisterna d'acqua medievale, parte di un patrimonio culturale esistente nel quartiere, che presenta potenzialità tali da poter contribuire alla costruzione di una nuova narrativa su questo spazio pubblico (Zipes and Russo, 2008). Il valore culturale di Santa Chiara, fondato come Convento francescano nel XIV sec. (Spatafora, 2003), e la recente scoperta di resti delle mura fenicie di Palermo del VII sec. a.C., potrebbero svolgere un ruolo importante come catalizzatore di future interazioni interculturali. Un tratto esterno di mura, realizzato con tecniche costruttive dell'Asia Minore, è stato rinvenuto in un vuoto urbano retrostante (lungo la Via Formaggi) al Centro (Fig. 3), che ne possiede la proprietà, come testimonianza del più antico recinto difensivo della città di fondazione (Aa. Vv., 1998).

Il progetto definisce come questa area, at-

tualmente chiusa e occupata da automobili e rifiuti, possa essere trasformata in uno spazio semi-pubblico che attiri visitatori e abitanti del quartiere, permettendo un'articolazione diretta con Via Casa Professa; introduce anche l'apertura di un secondo ingresso al Centro, per conferirgli maggiore permeabilità e creare una nuova circolazione tra la parte posteriore e quella anteriore. Questa ipotesi (Fig. 4) consente, inoltre, la valorizzazione dell'area archeologica coperta di un secondo tratto delle mura fenicie, scoperto nel 1998 al di sotto del Teatro ottocentesco, all'interno del Complesso di Santa Chiara (Todaro, 2003; Spatafora, 2003).

Questa ipotesi progettuale apre la possibilità di esplorare l'area archeologica così come partecipare alle attività culturali e sociali negli spazi recuperati del Teatro e della Chiesa settecentesca annessi all'intero Complesso. Infine, la ricerca-azione prevede che gruppi di migranti ospiti del Centro, in collaborazione con gli abitanti del quartiere, presentino tali attività culturali come guide al patrimonio esistente<sup>8</sup>. Tutto ciò con l'obiettivo di favorire le interazioni dei migranti, ai diversi livelli, con gli abitanti, col promuovere la loro appropriazione culturale del territorio ospitante come elemento costitutivo di una futura identità sincretica.

**Micro/Macro spazi: la città multiculturale del Mercato Ballarò** | Molti città europee hanno riconosciuto i mercati urbani come parte integrante delle loro economie locali con grandi benefici anche a livello culturale e sociale. A Palermo, lo spazio pubblico della città storica reclama la sua trasformazione contrapponendosi all'attuale declino urbano ancora terribilmente segnato dalle demolizioni del secolo scorso. Qui i Mercati storici<sup>9</sup> di Ballarò, Capo, Lattarini e Vucciria, da sempre cuore pulsante dei quattro Mandamenti<sup>10</sup> (Riggio, 2016; Fig. 5), consolidati da un'inseparabile relazione fra venditori e abitanti, versano in una crisi profonda che riflette il degrado urbano e umano del noto Mercato della Vucciria.

A Palermo, alla vitalità tradizionale dei mercati si è contrapposto lo spopolamento dei quartieri storici e il conseguente rapido declino

dell'attività di vendita dei prodotti. Il Mercato storico di Ballarò<sup>11</sup> ha resistito in parte a tale fenomeno grazie alla sua specificità di mercato alimentare destinato soprattutto alla comunità di residenti tradizionali e migranti. In questi ultimi anni, il Mercato ha subito alcuni processi di adattamento in relazione alla presenza degli immigrati che abitano molti alloggi fatiscenti e integrano le attività commerciali con la vendita dei prodotti provenienti dai loro Paesi di origine (Fig. 6).

Questa successione di stati di equilibrio, secondo la definizione di Resilienza di Fusco Girard (2010, p. 161) «[...] combina la sua identità storica con il cambiamento, i vecchi e nuovi valori, razionalità ed emozioni, conservazione e sviluppo», che incorporano la capacità di un determinato sistema di adattarsi a un cambiamento e di riorganizzarsi in stati di equilibrio dinamico. Se l'integrazione è un processo lungo che non può lasciare spazio a facili conclusioni, a Ballarò è tuttavia possibile individuare un'attiva relazione fra abitanti e migranti attraverso l'abitare e il commercio, formale e informale, nel tessuto e negli spazi pubblici spesso degradati della città storica.

La ricerca dal titolo Città Multiculturale del Mercato Ballarò<sup>12</sup>, elaborata in questi anni, mira ad ampliare il concetto di pubblico attraverso la sperimentazione in trenta Micro/Macro spazi selezionati nel tessuto storico del quartiere Albergheria (Fig. 7). In questo ambito di studio, che ha coniugato la dimensione dello spazio pubblico con le rinnovate esigenze del Mercato storico di Ballarò e del Mercato informale del Baratto in prossimità della Chiesa di San Saverio (Fig. 8), è stato proposto il ri-disegno di una mappa di Micro/Macro spazi

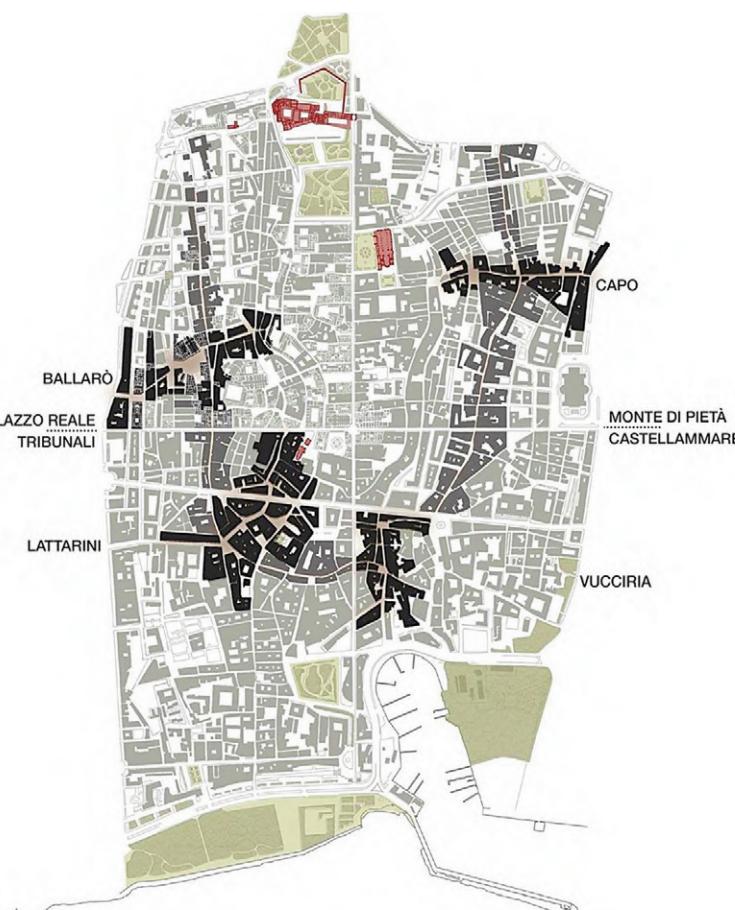
per l'avvio di progetti di ricerca-azione, temporanei e permanenti, ad alto contenuto sociale (Fig. 9). La rappresentazione del tessuto su cui si sviluppa il Mercato di Ballarò ribalta, in maniera analoga a quella disegnata da Gianbattista Nolli per la celebre pianta di Roma del 1748, lo spazio statico nel vuoto attivo come elemento d'indagine.

Avvicinamento, osservazione e riconoscimento sono le azioni primarie propedeutiche al progetto di architettura, che mira a riattualizzare gli spazi destinati agli abitanti e alla vendita dei prodotti. Se il tema è quello della città pubblica, il denominatore comune è la creazione di immaginari in luoghi marginali e degradati all'interno di una mappa di luoghi per cogliere diversamente il reale, rovesciare preconcetti e aprire vertiginose e inattese riscoperte della dimensione multi-scalare dello spazio pubblico. L'obiettivo è l'individuazione di strategie possibili di trasformazione, temporanea o permanente, degli spazi con grandi potenzialità per le comunità che vi abitano o vi lavorano.

La cura e la gestione degli usi collettivi dei luoghi passano attraverso la consapevolezza delle pratiche quotidiane come responsabilità (Hess and Ostrom, 2009); si tratta di pratiche legate al concetto di bene comune<sup>13</sup>, che incidono di fatto sulla sua resilienza e mirano ad attivare le strategie di relazione, adattabilità e trasformazione. Queste sono tre strategie che, secondo Walker et alii (2004), mirano a rispondere alle situazioni di instabilità ambientale, sociale ed economica proprie dei contesti complessi. La ricerca progettuale ha successivamente sperimentato il principio di 'agopuntura urbana' (Lerner, 2016) a partire dalle opportu-

nità di adattabilità, focalizzandosi sulle possibili configurazioni e forme capaci di adeguarsi alle diverse situazioni d'uso da parte degli utenti. Un graduale interesse dalla forma dello spazio alle forme dell'uso caratterizza gli ambiti di studio del Mercato storico e del Mercato informale del Baratto. Se nel Mercato del Baratto il valore delle relazioni è ancora da costruire (Fig. 10), nel Mercato storico è stata invece definita una strategia d'intervento in cui il progetto dello spazio pubblico, insieme al nuovo Mercato coperto (Lecardane, 2019) a Piazza del Carmine, è stato elaborato in sinergia interculturale con le Istituzioni locali, le associazioni, i mercatari e gli abitanti, compresi i migranti.

L'eterogeneità degli attori coinvolti e dei luoghi su cui intervenire, insieme alla diversità delle azioni da intraprendere, ha orientato la ricerca a sperimentare la flessibilità del processo relazionale e progettuale attraverso l'ascolto dei bisogni degli utenti con quelli più specificatamente spaziali, progettuali e costruttivi. Nonostante a Palermo la fiducia nell'architettura contemporanea abbia raggiunto un alto grado di disinteresse, soprattutto istituzionale, i contributi e le critiche, a volte strumentali, hanno fornito gli elementi utili al progetto, in un quadro di obiettivi più esteso di quello iniziale. Se la strategia principale è stata la condivisione del progetto di pedonalizzazione integrale del Mercato Ballarò, così come evidenziato dalle recenti deliberate di Giunta del Comune di Palermo<sup>14</sup>, lo strumento è stato invece il ridisegno dello spazio pubblico della Piazza del Carmine e il progetto del Mercato Coperto nel cuore del Mercato storico (Figg. 11, 12). L'ipotesi progettuale ha mirato a definire il cuore del Mercato Bal-



**Fig. 5** | Plan of the historical City of Palermo with the Markets and the division of the four districts (credit: LabCity Research Group, 2018).

**Fig. 6** | New commercial activities managed by migrants in the Ballarò Market (credit: S. Vuono, 2019).



**Fig. 7** | Map of the Micro/Macro spaces in the historical patterns of the Albergheria neighbourhood (credit: LabCity Research Group, 2018).

larò come una ‘pièce urbaine’ proprio a partire dal suo contesto e dai suoi margini urbani. Il Complesso storico monumentale della Chiesa della Madonna del Carmine e dell’Oratorio di Sant’Alberto rappresentano le quinte urbane di due spazi pubblici che accolgono al centro il Mercato coperto, attraverso un lavoro di ricucitura e riuso di ciò che esiste (Fig. 13), come sviluppato nel noto progetto di riqualificazione urbana di Porta Palazzo<sup>15</sup> a Torino (Curti, 2008).

**Conclusioni** | Un filo rosso accomuna i progetti di ricerca-azione ad analoghe esperienze nazionali e internazionali, che rappresentano una risposta alla recente crisi della città capace di mettere in discussione un modello culturale ancor prima che economico. Le azioni portate avanti sempre più spesso da cittadini riuniti in associazioni, testimoniano un’importante inversione di tendenza rispetto alle forme tradizionali di governo dei processi decisionali, rispetto al ruolo di attori passivi (Bolliger, 2015). Gli esiti della ricerca-azione sono un prodotto collettivo<sup>16</sup> la cui validità matura con il contributo della comunità in cui il processo di riappropriazione del diritto all’uso degli spazi ha attivato il ruolo militante dell’Università all’interno dei processi di trasformazione concreta dello spazio urbano e architettonico.

Tale metodo di ricerca-azione si delinea come replicabile poiché intende esplorare le potenzialità dell’interazione interculturale come nuova e alternativa opportunità di riattivazione urbana e socio-economica in quei contesti urbani europei in cui l’esclusione sociale, la polarizzazione e la radicalizzazione politica sono purtroppo ancora evidenti. Tuttavia rimangono aperte alcune questioni riguardo i limiti della ricerca-azione e, in particolare, su un

primo aspetto fiduciario tra gli attori non istituzionali e le Istituzioni locali (committente) durante il processo di elaborazione della ricerca; altro aspetto, altrettanto importante, è la legittimità degli attori del terzo settore coinvolti formalmente nei processi decisionali, politici ed economici, relativi alla concretizzazione della stessa ricerca-azione.

Il dovere della cura e della gestione come chiave di lettura interpretativa dello spazio accessibile (Belli, 2014) acquisiscono un valore necessario nella città che consiste nella responsabilità collettiva e nel rispetto delle regole. La proposta di innescare processi rigenerativi nel tessuto urbano e sociale in un contesto instabile è il fondamento di questa ricerca-azione elaborata con un approccio sistematico, osservando dapprima l’ambiente costruito nella sua totalità e superando successivamente la concezione limitata degli interventi, nel tempo e nello spazio, attraverso il criterio dell’interculturalità.

---

Migration is a continuous process that has been subjected to an intense political debate in Europe. It has been influenced by a combination of economic, environmental, political and social factors, either in a migrant’s country of origin (push factors) or in the country of destination (pull factors). As the sociologist Saskia Sassen (Lally, 2017, p. 175) states «[...] Migrations are made, they don’t just happen. There are conditions which cause them». The World Economic Forum (2017) has recently released an in-depth Report on migration in the Mediterranean sea<sup>1</sup> and on its coastal cities. It has explored the different types and causes of world-

wide contemporary migration, its impact on the urban infrastructure and how cities should address this growing challenge. While managing human mobility is one of the most important challenges for hosting countries worldwide, the involvement of local communities in welcoming migrants within the urban real has become especially crucial.

Migration is not only the dynamic movement of people in space; human beings bring with them their cultural values and perceptions to their new hosting cities, where each place forms part of a wider network. In this sense, architecture could represent an effective system that includes the physical infrastructure of space and its related intangible connections, intervening through, beyond and without borders with different social as well as spatial consequences. Hence, the new scenarios offered by the scale and extent of these migrations could be reframed as an opportunity to create new socially-inclusive urban spaces seeking intercultural synergies between local communities and newcomers who experience the same space in the city.

**Migration and city: the case-study of Albergheria in Palermo** | The presence of migrants and refugees that multiplies models of urban life could be interpreted as a major driver of urban transformation. This implies important questions but meanwhile opens up unexpected opportunities, connections, and interactions to rethink alternative design for urban spaces, with a special focus on the public ones. However, this idea takes the intercultural social inclusion of migrants and refugees as an opportunity to address the current identity crisis of our fragmented Europe. A recent United Nations Report (UN-Habitat, 2019) highlights the importance of a holistic, inter-sectorial and collaborative approach to integrating migrants and refugees in cities. As Calin et alii (2014) argue, «[...] the challenge [...] is not to make a binary choice between multiculturalism versus integration but to become ‘intercultural’ [...].» It is in this light that intercultural space should be (re)designed as a means of forging an inclusive and affirming social space whether the intercultural space can meet the needs of urban communities (Sandercock, 2016; Blundell Jones, Petrescu and Till, 2005; Castells, 2010).

Despite the migrant and refugee crisis is rapidly evolving, this phenomenon has been mainly considered from its sociological aspect and much less regarded as an opportunity for the urban transformation in spatial terms, adapting the specificities of each European urban context where these phenomena are arising. Recent studies (Vaudetti et alii, 2018; Misirlisoy and Güne, 2018) outlined key principles of the use of abandoned buildings as places that could be easily adapted to accommodate refugees and migrants as a short-term response. Despite these initial attempts, a coherent intervention method over the short, medium and longer-term are still needed, that would include a program for social inclusion for the construction of intercultural spaces across the city. From this perspective, this research-action aims to investigate an efficient

multi-scalar design approach involving the urban, public space and architectural scales as an opportunity to rethink alternative ways for social integration. It could represent a means of research-action that would be able to give responses to this urgent and still unsolved crisis in terms of space and reactivation of the degraded areas of our European cities. This would be developed by generating cultural, social and economic benefits and by creating an intercultural and inclusive model of urban transformation. For this purpose, the architectural design could be utilised as a political instrument that would proactively respond to the current urgency of the migration crisis by addressing its social and spatial challenges.

Within the European context, Sicily has been the gateway to an important influx of immigration to Italy and Europe. In particular, Palermo, one of the main cities in the Mediterranean and the principal entry point for Middle-Eastern and African refugees, presents a unique opportunity to study how to address such social inclusion challenges within a wider urban context. In this regard, it is crucial to define an innovative methodology of architectural and urban design aiming for the social integration of migrants/refugees that would be replicable to different European historical contexts from a multi-scalar approach. As Jean-Pierre Malé (2013, p. 17) argues «[...] it is generally considered that the local administration is the closest institutional level to citizens and the one that

receives their first-hand claims and pressures. This proximity between the local authority, civil society and citizens means that the decision-making cannot be 'decreed' by this public institution alone, but instead requires a greater legitimacy and broad consensus within the civil society (formally organised or not) and among the citizens in general».

In Palermo, the intense collaboration between the civil society and the City Council Government has allowed a welcoming approach towards the economic migrants and refugees arriving in the city. As a result of this, the multicultural Albergheria neighbourhood welcomes culturally-diverse residents, which nevertheless lives together not without conflict (Fig. 1). This continual and challenging process has fostered the inclusion of new immigrant communities as new inhabitants of the neighbourhood. Hospitality and solidarity opposing degradation and deprivation represent the current unstable context of this neighbourhood, which includes all its contradictions.

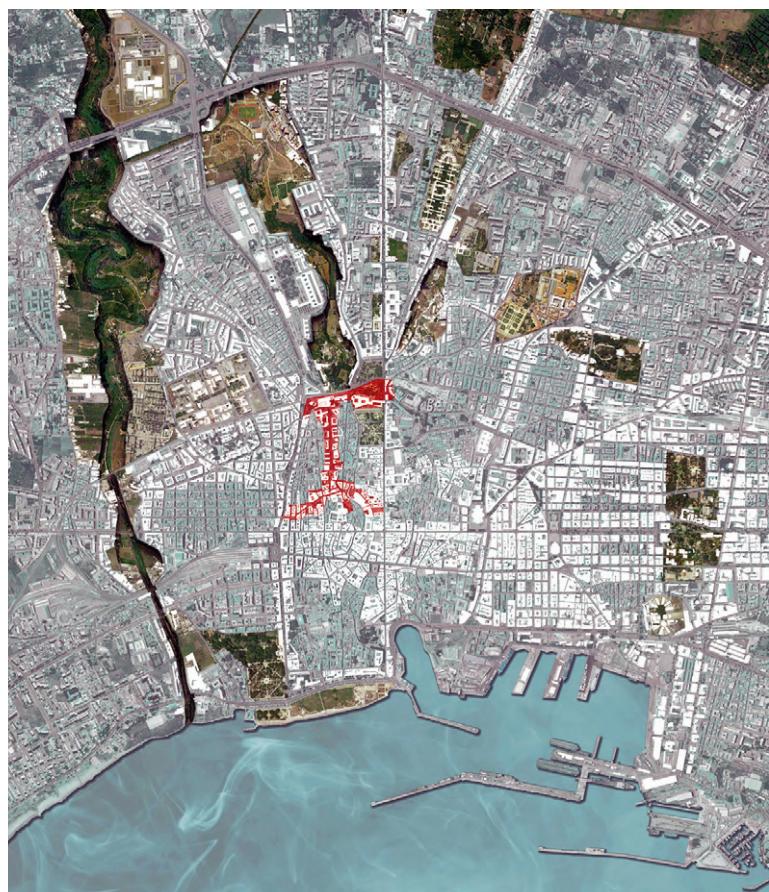
In this context, the research-action led in Palermo re-frame intercultural spatial practices for social integration as an asset for the promotion of equal and active participation of migrants, refugees and locals in the socio-economic development of cities, thus responding to the needs of diverse communities through a multiscale approach that focuses on the reuse of heritage for the intercultural integration and the construction of alternative public spaces. A

dual tension drives this research-action through a continuous dynamic of distancing and close interaction with institutions, associations, locals, and migrants.

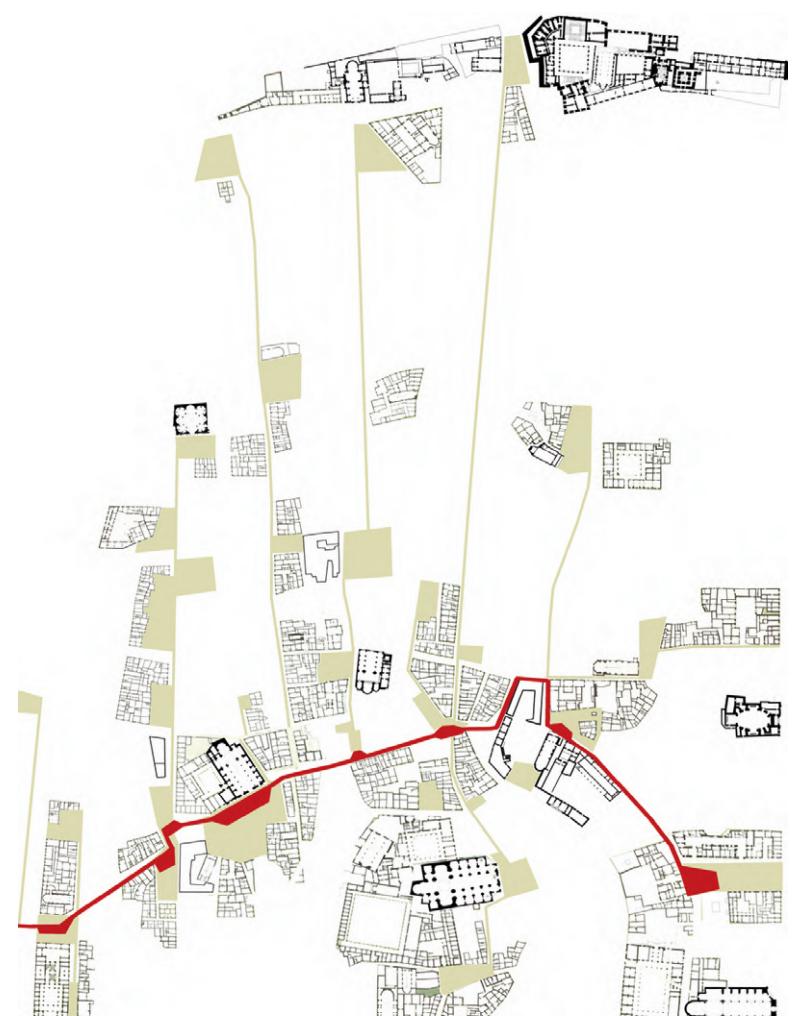
#### The Santa Chiara Centre as Intercultural Node

| According to Homi K. Bhabha (1994) and Bloomfield (2007), an Inter-Cultural Node could be identified as a 'third space' (Foucault, 1986; Lefebvre, 1991; Soja, 1996; Nasser, 2005; Sheridan, 2007; Simões Aelbrecht, 2016), a pluralist space that develops a relational practice at multiple scales (urban, public space, architectural), where the participants, including locals and all kinds of culturally diverse migrants that have been frequently subjected to exclusion, could collaborate in creative expression and dialogue on joint projects within shared ethical bounds – such as openness, cultural recognition, equality, anti-discrimination, dialogue and sharing of knowledge (Wood and Landry, 2008; Bloomfield, 2013). Inter-Cultural Nodes are conceived as urban and social connectors, addressing simultaneously social exclusion and spatial fragmentation while exploring their mutual complex connotations.

For over a century, the Centre Santa Chiara (Fig. 2) has been the most important entity of Albergheria district of Palermo historical city centre aimed for the welcoming, social care and social integration of locals in need. For the last three decades, the Centre has focused on supporting the pressing needs of migrants and



**Fig. 8** | Plan of the City of Palermo and the historical patterns of the Ballarò and Barter street Markets – in red (credit: LabCity Research Group, 2018).



**Fig. 9** | Plan of urban and architectural connections in the historical pattern of the Albergheria neighbourhood (credit: LabCity Research Group, 2018).



**Fig. 10** | Barter Market near the Church of Saint Saverio (credits: S. Vuono, 2019; F. D'Alessandro, 2019).

refugees disembarked to Palermo<sup>2</sup> (Ambrosini, 2009). They have found here a reference point where social inclusion, the creation of opportunities and the full acknowledgement of their rights have been valued and promoted. Santa Chiara, managed by the Salesian Order, is integrated into SOS Ballarò<sup>3</sup> community assembly. It hosts this community's assembly meetings, frequently attended by the Mayor of Palermo Leoluca Orlando and its Councillors. Despite this important social role, it has mainly focused on the emergency needs and therefore hasn't operated yet as an Inter-Cultural Node. There is a need for producing 'third' spaces that would promote intercultural interactions amongst the different cultural communities, including locals.

The first step of action-research within the project EMUVE<sup>4</sup> has been to refocus Santa Chiara's aim by promoting the migrants' empowerment on the socio-economic and urban transformation of their district in equal cooperation with locals. Then, the collaborative production of a multi-scalar Masterplan has been developed together with the Centre's staff and users, including strategies and practices to promote and sustain these intercultural interactions. The proposed spatial and programmatic strategies are conceived for addressing the current disconnection of the Centre with its surrounding urban and social fabric. The social reconnection was undertaken by strengthening the programmatic relationship with other key intercultural spaces of the district, such as Moltivolti<sup>5</sup> and Arci Porco Rosso<sup>6</sup>, aiming for constructing wider intercultural networks across the district.

A series of intercultural 'tactical urbanism' actions are in the process of being implemented for the reactivation of degraded spaces at the front and the rear of the Centre, improving its articulation with the surrounding context. These will explore innovative ways of participatory design with locals and migrants that will trigger the wider urban and social impact of Santa Chiara. Drawing on the critical study of the impact of previous Italian Intercultural ex-

periences (Bonora and Giardini, 2004), the aim will be to promote an active engagement of new and old citizens into the Centre's spatial governance, management and funding strategies based on social economy models.

The Piazzetta delle Sette Fatte, a degraded public space invaded by an informal car parking where the main entrance to Centre is located, shows particularly interesting reactivation potentials. The Senegalese Association of Western Sicily (ASSO) has its headquarters here and organises the Muslim Friday Prayer in the Centre. La Torre nel cortile delle Sette Fatte<sup>7</sup>, a medieval water reservoir and its associated heritage values could contribute to a new spatial narrative for this public space (Zipes and Russo, 2008). The heritage values of Santa Chiara, founded as a Franciscan Convent in the 14th-century (Spatafora, 2003), and the recently discovered stretches of the 7th-century B.C. Phoenician walls of Palermo within the Centre could play an important role as catalysts for intercultural interactions. This Phoenician wall stretch forms part of the oldest defensive walls of the city (Aa. Vv., 1998). At the rear, an urban void facing Via Formaggi owned by the Centre includes an external stretch of the same Phoenician defensive walls (Fig. 3).

This space, currently fenced off and invaded by cars and garbage, will be transformed into an open semi-public space that will attract visitors and neighbours alike, offering a direct articulation with Via Casa Professa. The opening of a second entrance to the Centre from this space will increase its permeability by creating a new circulation between the rear and the front. This spatial response (Fig. 4) will enable the value enhancement of the indoor archaeological site of the second stretch of these Phoenician walls, discovered in 1998 beneath a 19th-century Theatre that also forms part of Santa Chiara (Todaro, 2003; Spatafora, 2003).

This design research-action will deliver the opportunity of exploring this recently discovered archaeological site while enjoying the re-

covered cultural activities that will take place in the Theatre and the 18th-century Church. In collaboration with locals, the migrant user groups of the Centre would produce and deliver these cultural activities and would also engage with the public as heritage guides<sup>8</sup>. The aim will be to foster the migrants' interactions with different kinds of locals at multiple levels, promoting their deeper cultural appropriation of their hosting territory as part of their future syncretic identity.

**Micro/Macro spaces: the multicultural city of the Ballarò Market** | Many European cities have identified urban markets as an integral part of their local economies as generators of relevant cultural and social benefits. In Palermo, the public space of the historic city demands its transformation by opposing its current urban decline that is still profoundly marked by the last century's demolitions. The historical Markets<sup>9</sup> of Ballarò, Capo, Lattarini and Vucciria, which have always been the heartbeat of the four districts of the historical city centre – Mandamenti<sup>10</sup> (Riggio, 2016; Fig. 5) and were strengthened by an inseparable relationship between sellers and inhabitants, are currently experiencing a profound crisis that was reflected by the urban and human decadence of the well-known Vucciria Market.

In Palermo, the traditional vitality of markets appears in contrast by the depopulation of the historic neighbourhoods and the consequent rapid decline of local shops. Being a food market, the historical Market of Ballarò<sup>11</sup> has partially resisted this phenomenon since it is mostly focusing on the community's primary needs, which includes the traditional and migrant residents. In recent years, the market has undergone some adaptation processes with the presence of migrants who started inhabiting the dilapidated housing nearby and integrated within their commercial activities the selling of products from their home countries (Fig. 6).

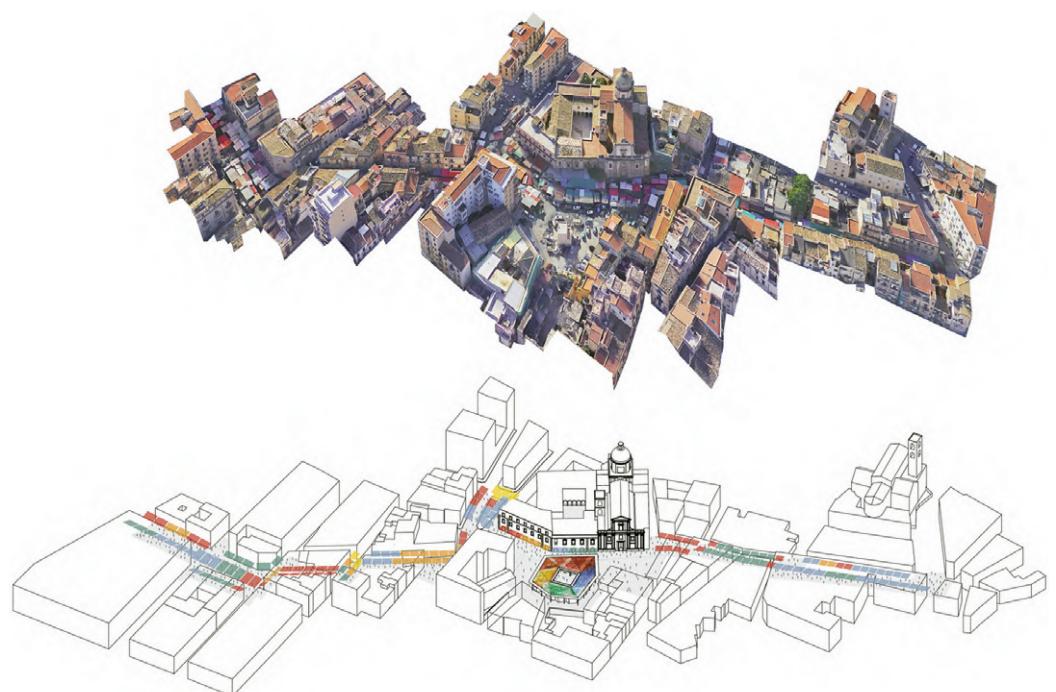
According to the definition of Resilience by Fusco Girard (2010), this succession of states of

equilibrium were informed by the combination of the market's historical identity with its ongoing evolution that has incorporated old and new values, rationality and emotions, conservation and development, proofing the ability of this system to adapt to a change and to reorganize itself in states of dynamic balance. If integration is a long-standing process that prevents the establishment of simplistic conclusions, Ballarò could be identified as the realm of an active relationship between inhabitants and migrants through living and commerce by the construction of formal and informal dynamics that have defined the urban patterns and the public spaces of the often degraded historic city.

The research entitled the Multicultural City of the Ballarò Market<sup>12</sup>, developed over the last years, aims to broaden the concept of the public by experimenting in thirty Micro/Macro spaces selected in the historical pattern of the Albergheria neighbourhood (Fig. 7). This field study combined the public space dimension with the needs of the historic Market of Ballarò with the informal Barter Market near the Church of San Saverio (Fig. 8). The temporary and permanent projects of this research-action were initiated from the redesign of a map of socially-relevant Micro/Macro spaces (Fig. 9). The representation of the urban pattern thus produced incorporated Ballarò Market as an active void within the consolidated urban fabric, interpreted as a research element that was based on Gianbattista Nolli's renowned 1748 Rome Plan.

Approach, observation, and recognition were primary preparatory actions for the architectural and urban project which aimed to reactivate the spaces aimed both for the local inhabitants and the market's sellers. If the issue is to address the public city's degradation, the common denominator has been the creation of imaginary interventions in marginal and degraded places, articulated within a spatial network map for an alternative perception of the reality, thus overturning bias towards these spaces by opening up a series of experimental and unexpected re-discoveries of the multi-scalar dimensions of public space. The aim is to identify feasible strategies for a temporary or permanent transformation of spaces that are potentially relevant for the communities who inhabit or work within.

Attention and management of the collective uses of places involve awareness of daily practices as responsibility (Hess and Ostom, 2009). These practices relate to the concept of common good<sup>13</sup>, which effectively influences its resilience and aims to activate the strategies of relationship, adaptability, and transformation. According to Walker et alii (2004), these approaches attempt to resolve environmental instability, social and economic aspects in complex contexts. Also, starting from the adaptability opportunities, the design research experimented with the 'urban acupuncture' concept (Lerner, 2016), focusing on potential configurations and adaptive forms by different end-users. A progressive interest from the shape of the space to forms of use characterises the study areas of the historical market and the informal Barter Market. In the Barter Market the value of relationships is still to be built (Fig. 10),



**Fig. 11** | Urban model of the Albergheria neighbourhood with Ballarò and Barter street Markets, including the project of the new Covered Market in Piazza Carmine (credit: LabCity Research Group, 2019).

**Fig. 12** | Excerpt of the aerial photo of the present status and axonometric view of the project of the Piazza Carmine, and the new Covered Market in Ballarò (credit: LabCity Research Group, 2019).



**Fig. 13** | Present and project view of the Market squares with the façades of the Church of Madonna of Carmine and the Oratory of Saint Albert (credit: LabCity Research Group, 2019).

while instead in the historical market an intervention strategy has already been defined. The proposed public space intervention together with its new covered market (Lecardane, 2019) in Piazza del Carmine was developed in intercultural synergy with local institutions, associations, marketers and inhabitants, including migrants.

The heterogeneity of the actors involved and the places of intervention, together with the diversity of the actions to be undertaken, has oriented the research to experiment with the flexibility of the relational and design process by being aware of the users' claims, focusing on their specific spatial, design and constructive needs. Despite the increasing lack of confidence especially towards the public sector, the contributions and criticisms received, that sometimes were misleading, have finally provided useful elements for the contemporary architectural project resulting from this research-action, enabling the construction of a wider aims framework. On one side, the main strategy has been to integrate the integral pedestrianisation project of Ballarò Market, promoted by the recent Council resolutions of the Municipality of Palermo<sup>14</sup>; on the other, the ob-

jective has been the re-design of the public space of Piazza del Carmine and the Covered Market project in the heart of the historic market (Figg. 11, 12). This design hypothesis was aimed to define the heart of Ballarò Market as a 'pièce urbaine' initiated from its precise context and its urban edges. As was developed in the well-known urban redevelopment project of Porta Palazzo<sup>15</sup> in Turin (Curti, 2008), the approach has been to mend and reuse the pre-existing assets of this space, such as the heritage values of the historical and monumental complexes of the Church of the Madonna del Carmine and the Oratory of Sant'Alberto, that have acted as the urban scenes which hosted centrally the covered market (Fig. 13).

**Conclusions** | The leitmotiv of these research-actions is aligned to current national and international experiences that have responded to the recent crisis of the city by giving prevalence to its interpretation as a cultural model before considering its economic values. The actions increasingly led by citizens organised in associations demonstrate an important turnaround as compared to traditional forms of governance in the decision-making processes, where

traditionally they have been assigned the role of passive actors (Bollier, 2015). The results of this research-action are a collective work<sup>16</sup> that has been confirmed by the community's participation in the process of the re-appropriation of their rights to use spaces, as promoted by the research. It has activated the militant role of the University within processes of concrete transformation of social, urban and architectural spaces.

This research-action method might be replicable since it aims to explore the potential of intercultural interaction as a new and alternative opportunity for urban and socio-economic re-activation in other European urban contexts where social exclusion, polarization and political radicalization remain unfortunately very present. However, some open questions concern the limits of the research-action: as for the first reliable aspect between non-institutional actors and local institutions (as commissioners) during the research elaboration process; another aspect, equally important, is the degree of legitimacy of the third-sector actors that have been formally involved in the decision-making, and finally the limits of the research-action in its involvement on political and economic decision-making processes related to its implementation.

The awareness and management commitment as an interpretation of the accessible space (Belli, 2014) acquire a necessary value in the city which consists of collective responsibility and respect for the common rules. Activating intercultural regenerative processes in the urban and social realms within these unstable contexts is the key issue of this research-action. This would be fostered from a systemic approach, firstly based on observing the entire built environment holistically and subsequently by articulating coherently the interventions over time and space under the perspective of interculturality.

## Acknowledgements

The contribution, resulting from a common reflection, is to be attributed in equal parts to Authors.

## Notes

1) In 2018, approximately 141,000 migrants disembarked from the Mediterranean, in 2019 about 123,000 and in 2020 the phenomenon increased by 20% (data updated to March 31, 2020; UNHCR, 2020). [Online] Available at: [data2.unhcr.org/en/situations/mediterranean](http://data2.unhcr.org/en/situations/mediterranean)

#\_ga=2.218462169.1956177675.1587033190-2006565433.1587033190 [Accessed 29 March 2020].

2) For further information, refer to the website: [cesie.org/project/comunita-educativa-di-palermo-centro-aggregativo-s-chiara/](http://cesie.org/project/comunita-educativa-di-palermo-centro-aggregativo-s-chiara/) [Accessed 8 April 2020].

3) SOS Ballarò is a citizen's assembly, founded in the Albergheria neighbourhood in 2015. For further information, refer to the website: [www.sosballaro.it/](http://www.sosballaro.it/) [Accessed 8 April 2020].

4) The European EMUVE (Euro-Mediterranean Urban Voids Ecology) project is directed by Dr. Federico Wulff Barreiro and funded by the European Commission.

For further information, refer to the website: [cordis.europa.eu/project/id/331084/fr](http://cordis.europa.eu/project/id/331084/fr) [Accessed 8 April 2020].

5) For further information, refer to the website: [multivolti.org/](http://multivolti.org/) [Accessed 8 April 2020].

6) For further information, refer to the website: [www.arciporcorosso.it/](http://www.arciporcorosso.it/) [Accessed 8 April 2020].

7) For further information, refer to the website: [www.edizionikalos.com/il-cortile-sette-fate/](http://www.edizionikalos.com/il-cortile-sette-fate/) [Accessed 26 March 2020].

8) The City Council of Palermo has promoted a Terradamare cooperative program of cultural tours guided by migrants. For further information, refer to the web-

site: [www.terradamare.org/tour-ballaro-attaverso-mieici-occhi/](http://www.terradamare.org/tour-ballaro-attaverso-mieici-occhi/) [Accessed 17 March 2020].

9) The historical Markets of Palermo are connected to the Arab-Norman itinerary which in 2015 was included in the World Heritage List.

10) Historical Markets were a multi-ethnic hub between Arab, Jewish, Byzantine and Northern European merchants.

11) The Ballarò Market, located within the Palazzo Reale district (Mandamento), was originally made up of a single route which, in 1467, was enlarged in its road section on a mandate from the Palermitan Senate. The market longitudinally crosses almost the entire district, connecting the Convent of Santa Chiara to the Convent of the Madonna del Carmine. In 1794, the Market was located in Piazza del Carmine where, in 1929, a small covered iron market was built and then removed in the late 1960s.

12) This essay presents some considerations on a research-action elaborated by the LabCity Architecture Research Group (DARCH-UniPa) directed by Prof. R. Lecardane over the last two years for Manifesta 12 in Palermo and after an agreement started in 2018 between the Department of Architecture of the University of Palermo and the Autonomous Social Housing Institute of Palermo.

13) The Agreement of Faro claims that «[...] il Bene Comune rappresenta l'Essere (insieme) piuttosto che il Possedere e per questo essi costituiscono l'identità della comunità» (Mattei, 2011, p. 115).

14) The areas included into the new regulation are those indicated as ZTL (Traffic Limited Zone) or as pedestrian areas in the Executive Detailed Plan (PPE) for the Historic Centre and into the General Urban Traffic Plan (PGTU) with D.G. n. 237 of 01/12/2016 for the approval of the Overall Regulation on Historical Markets (RUM) and D.G. n. 60 of 03/05/2018 for the implementation and delimitation of Traffic Limited Zone (ZTL) in the historic Markets.

15) In 1996 the City of Turin presented the Gate-Living not Leaving project to the European Union as part of the Innovative Actions of the European Regional Development Fund (Art. 10, EC Reg. 2081/92 ERDF).

16) The research-action received funding, action call 9.4.1 of the FESR Sicilia 2014/2020 Operational Program, aimed at concretely implementing the projects developed with the tender-based contract during the year 2020.

## References

- Aa. Vv. (1998), *Palermo punica*, Sellerio editore, Palermo.
- Ambrosini, M. (ed.) (2009), *Né stranieri né ospiti: cittadini al futuro – Report del Progetto ‘Accorciando le distanze’*. [Online] Available at: [www.salesianiperilsociale.it/wp-content/uploads/2015/09/Ne-stranieri-ne-ospiti-cittadini-al-futuro.pdf](http://www.salesianiperilsociale.it/wp-content/uploads/2015/09/Ne-stranieri-ne-ospiti-cittadini-al-futuro.pdf) [Accessed 5 April 2020].
- Belli, A. (2014), *Spazio, differenza, ospitalità – La città oltre Henri Lefebvre*, Carocci Editore, Roma.
- Bloomfield, J. (2013), *The Effectiveness of Intercultural Centres in creating Convivial, Diverse Public Spaces and Enhancing Community Safety – Research Report for the Council of Europe & the European Commission, March 2013*. [Online] Available at: [rm.coe.int/16803009cb](http://rm.coe.int/16803009cb) [Accessed 5 April 2020].
- Bhabha, H. K. (1994), *The Location of Culture*, Routledge.
- Bloomfield, J. (2007), “Intercultural Dialogue: Creating the New”, in *Proceedings of the Expanding Cultures Conference, Melbourne, 24-27 July 2007, Chapel off Chapel, Prahran, Victoria, Australia*. [Online] Available at: [www.culturaldevelopment.net.au/expandingcultures/downloads/papers/Bloomfield.pdf](http://www.culturaldevelopment.net.au/expandingcultures/downloads/papers/Bloomfield.pdf) [Accessed 5 April 2020].
- Blundell Jones, P., Petrescu, D. and Till, J. (2005), *Architecture and Participation*, Routledge, New York.
- Bollier, D. (2015), *La rinascita dei Commons – Successi e potenzialità del movimento globale a tutela dei beni comuni*, Stampa Alternativa, Roma.
- Bonora, P. and Giardini, A. (2004), *I centri interculturali in Emilia-Romagna – Un progetto di ricerca per una territorialità attiva*, Servizio Politiche per l'Accoglienza e l'Integrazione Sociale/Regione Emilia-Romagna e Dipartimento di Discipline Storiche dell'Università di Bologna.
- Calin, R., Ethis, E. and Malinas, D. (2014), “Diversity or Multiculturalism in European Capitals of Culture”, in Burduşel, E. N., Matiu, O., Preda, D. and Tomuş, A. (eds), *Cultural Encounters: The Mosaic of Urban Identities – Proceedings of UNEECC Forum Volume 6, Marseille, France, 17/18 October 2013*, Lucian Blaga University of Sibiu Press, pp. 54-59. [Online] Available at: [uneecc.ulbsibiu.ro/wp-content/uploads/2015/01/Volum%20UNeECC%20final.pdf](http://uneecc.ulbsibiu.ro/wp-content/uploads/2015/01/Volum%20UNeECC%20final.pdf) [Accessed 5 April 2020].
- Castells, M. (2010), “Globalisation, Networking, Urbanisation: Reflections on the Spatial Dynamics of the Information Age”, in *Urban Studies*, vol. 47, issue 13, pp. 2737-2745. [Online] Available at: [journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/0042098010377365](http://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/0042098010377365) [Accessed 5 April 2020].
- Curti, I. (1998), “Progetto pilota urbano The Gate”, in *Urbanistica Informazioni*, vol. 157, pp. 20-21.
- Foucault, M. (1986), “Of Other Spaces – Utopias and Heterotopias”, in *Diacritics*, n. 16, pp. 22-27.
- Fusco Girard, L. (2010), “Sustainability, creativity, resilience: toward new development strategies of port areas through evaluation processes”, in *International Journal of Sustainable Development*, vol. 13, issue 1/2, pp. 161-184. [Online] Available at: [ideas.repec.org/a/ids/ijssd/v13y2010i1-2p161-184.html](http://ideas.repec.org/a/ids/ijssd/v13y2010i1-2p161-184.html) [Accessed 5 April 2020].
- Hess, C. and Ostom, E. (2009), *La conoscenza del bene comune – Dalla teoria alla pratica*, Bruno Mondadori, Milano.
- Lally, J. (2017), *Global Perspectives and Research for Cambridge International AS & A Level*, Oxford University Press, Oxford.
- Lecardane, R. (2019), “Caleidoscopico Mercato Ballarò: ampio spazio alla ricerca-azione a Palermo”, in *Sicilia Informa / Notizie dal Design Insulare*, n. 9, pp. 41-42. [Online] Available at: [unipress.it/\\_upload/book/208/pdf/si-09.zip](http://unipress.it/_upload/book/208/pdf/si-09.zip) [Accessed 5 April 2020].
- Lefebvre, H. (1991), *The Production of Space*, Basil Blackwell, Cambridge (US).
- Lerner, J. (2016), *Urban Acupuncture – Celebrating Pinpricks of Change that Enrich City Life*, Island-Press, Washington.
- Malé, J.-P. (2013), *How can local institutions cooperate with each other? From specific projects to strengthening local public policies*, Methodological guides URB-AL III, vol. 5, Diputació de Barcelona, pp. 11-71. [Online] Available at: [www.observ-ocd.org/sites/observ-ocd.org/files/2018-04/how-can-local-institutions-cooperate-with-each-other-from-specific-projects-to-strengthening-local-public-policies.pdf](http://www.observ-ocd.org/sites/observ-ocd.org/files/2018-04/how-can-local-institutions-cooperate-with-each-other-from-specific-projects-to-strengthening-local-public-policies.pdf) [Accessed 5 April 2020].
- Mattei, U. (2011), *Beni comuni – Un manifesto*, Laterza, Bari.
- Misirlisoy, D. and Güneç, K. (2018), “Adaptive Reuse Strategies for Heritage Buildings: A Holistic Approach”, in *Sustainable City and Society*, vol. 26, pp. 91-98.
- Nasser, N. (2015), *Public Space as a Social Arena for Intercultural Mixing*. [Online] Available at: [www.melasocialenterprise.com/public-space-as-a-social-area-for-intercultural-mixing-by-noha-nasser/](http://www.melasocialenterprise.com/public-space-as-a-social-area-for-intercultural-mixing-by-noha-nasser/) [Accessed 5 April 2020].
- Riggio, S. (2016), “Vita, cultura e biodiversità dei mercati nel Sud del mondo”, in Alba, G., Ballarò, Capo e Vucciria – Colori, odori e voci dei mercati storici di Palermo, Kalós, Palermo, pp. 19-20.
- Sandercock, L. (2016), “Sustaining Cosmopolis: Managing Multicultural Cities”, in Keiner, M., Koll-Schretzenmayr, M. and Schmid, W. A. (eds), *Managing Urban Futures – Sustainability and Urban Growth in Developing Countries*, Routledge, New York, pp. 209-220.
- Sheridan, D. (2007), “The Space of Subculture in the City: Getting specific about Berlin's indeterminate territories”, in *Field Journal*, vol. 1, issue 1, pp. 97-119. [Online] Available at: [field-journal.org/wp-content/uploads/2016/07/d-sheridan.pdf](http://field-journal.org/wp-content/uploads/2016/07/d-sheridan.pdf) [Accessed 5 April 2020].
- Simões Aelbrecht, P. (2016), “Fourth places: the contemporary public settings for informal social interaction among strangers”, in *Journal of Urban Design*, vol. 21, issue 1, pp. 124-152. [Online] Available at: [doi.org/10.1080/13574809.2015.1106920](http://doi.org/10.1080/13574809.2015.1106920) [Accessed 5 April 2020].
- Soja, E. W. (1996), *Thirdspace – Journeys to Los Angeles and Other Real-and-Imagined Places*, Blackwell, Cambridge.
- Spatafora, F. (2003), “Nuovi dati sulla topografia di Palermo”, in *Quarte Giornate Internazionali di Studi sull'Area Elima – Atti III– Erice 1-4 dicembre 2000*, Pisa, pp. 1175-1199. [Online] Available at: [www.academia.edu/2390830/Nuovi\\_dati\\_sulla\\_topografia\\_di\\_Palermo\\_in\\_Atti\\_delle\\_Quarte\\_Giornate\\_Internazionali\\_di\\_Studi\\_sull\\_area\\_elima\\_Erice\\_dicembre\\_2000\\_Pisa\\_2003\\_1175-1188](http://www.academia.edu/2390830/Nuovi_dati_sulla_topografia_di_Palermo_in_Atti_delle_Quarte_Giornate_Internazionali_di_Studi_sull_area_elima_Erice_dicembre_2000_Pisa_2003_1175-1188) [Accessed 5 April 2020].
- Todaro, P. (2003), “Gli ipogei del sottosuolo di Palermo”, in *Archivio Storico Siciliano*, serie IV, vol. XXIX, pp. 25-60. [Online] Available at: [www.researchgate.net/publication/259867419\\_Gli\\_ipogei\\_del\\_sottosuolo\\_di\\_Palermo](http://www.researchgate.net/publication/259867419_Gli_ipogei_del_sottosuolo_di_Palermo) [Accessed 5 April 2020].
- UN-Habitat (2019), *The Ninth Session of the World Urban Forum – Cities 2030, Cities for All – Implementing the New Urban Agenda*, Report, May 2019. [Online] Available at: [digitallibrary.un.org/TempPdfFiles/3890\\_1.pdf](http://digitallibrary.un.org/TempPdfFiles/3890_1.pdf) [Accessed 5 April 2020].
- UNHCR (2020), *Operational Portal – Refugee Situation – Mediterranean Situation*. [Online] Available at: [data2.unhcr.org/en/situations/mediterranean](http://data2.unhcr.org/en/situations/mediterranean) [Accessed 5 April 2020].
- Vaudetti, M., Minucciani, V., Canepa, S. and Saglar Onay, N. (eds) (2018), *Suspended living in Temporary Space – Emergencies in the Mediterranean Region – International Conference Proceedings, 9 October 2017, Turin, Italy*, LetteraVentidue Edizioni, Siracusa.
- Walker, B., Holling, C. S., Carpenter, S. R. and Kinzig, A. (2004), “Resilience, Adaptability and Transformability in Social-Ecological Systems”, in *Ecology and Society*, vol. 9, n. 2, article 5. [Online] Available at: [www.ecologyandsociety.org/vol9/iss2/art5/](http://www.ecologyandsociety.org/vol9/iss2/art5/) [Accessed 5 April 2020].
- Wood, P. and Landry, C. (2008), *The Intercultural City – Planning for the Diversity Advantage*, Earthscan, London-Stirling. [Online] Available at: [www.academia.edu/701059/The\\_intercultural\\_city\\_Planning\\_for\\_diversity\\_advantage](http://www.academia.edu/701059/The_intercultural_city_Planning_for_diversity_advantage) [Accessed 5 April 2020].
- World Economic Forum (2017), *Migration and Its Impact on Cities*. [Online] Available at: [www3.weforum.org/docs/Migration\\_Impact\\_Cities\\_report\\_2017\\_HR.pdf](http://www3.weforum.org/docs/Migration_Impact_Cities_report_2017_HR.pdf) [Accessed 5 April 2020].
- Zipes, J. and Russo, J. (eds) (2008), *The Collected Sicilian Folk and Fairy Tales of Giuseppe Pitré*, Routledge, Londra.

## SIMULACRI DEL VUOTO

Il modello come luogo dello spazio abitabile

## SIMULACRA OF EMPTINESS

The model as habitable space

Elena Mucelli

### ABSTRACT

Il presente contributo si inserisce all'interno di un progetto di ricerca dedicato al modello d'architettura come strumento in grado di rivelare il processo generativo formale del progetto. Il testo sviluppa, in questa sede, il tema del rapporto fra spazio e forma, approfondendo la relazione fra la scala del modello e il significato che essa assume nella restituzione tridimensionale dello spazio cavo. In particolare l'indagine nasce dall'ipotesi che quanto più le ricerche si orientano verso lo studio della relazione fra il vuoto e la figura umana tanto più la scala del modello prescelta per sperimentare le qualità spaziali si avvicini a quella reale, la scala 1:1, e cerca di delineare, secondo un approccio di tipo interdisciplinare, le possibili linee di contatto fra alcune ricerche condotte nell'ambito dell'architettura, della scultura e della fotografia.

This contribution is part of a study dedicated to the architectural model as a tool able to reveal the formal generative process of the project. This text develops the topic of the relationship between space and form, further analysing the relationship between the scale of the model and the meaning it takes on in a three-dimensional representation of hollow space. In particular, the examination stems from the hypothesis that the more research is oriented towards the study of the relationship between emptiness and the human figure, the more the scale of the model chosen to experiment with spatial qualities approaches real life, a 1:1 scale, and employs an interdisciplinary approach to identify possible points of contact between research conducted in architecture, sculpture and photography.

### KEYWORDS

modello, spazio, forma, scala, progetto

model, space, shape, scale, design

**Elena Mucelli**, Architect, is an Associate Professor in the Department of Architecture of Alma Mater Studiorum, University of Bologna (Italy). She researches design for contemporary cities, with particular reference to the topic of inhabiting and the relationship between architecture and landscape, studying the devices used in the experimentation of architectural space. Mob. +39 349/38.17.593 | E-mail: elena.mucelli@unibo.it

Il modello fisico ha rappresentato, e continua a rappresentare per alcuni architetti contemporanei, uno strumento di grande efficacia non solo per pensare l'architettura ma anche per trasmettere il processo ideativo su cui essa si fonda. Se da un lato i modelli ci consentono di controllare l'articolazione della forma, dall'altro ci mettono infatti anche nelle condizioni di esplorare possibilità alternative rispetto a quelle selezionate attraverso il progetto. In questo senso il modello può definirsi come una realtà ben lontana dalla semplice rappresentazione tridimensionale di un oggetto, varcando la soglia dell'imitazione per entrare piuttosto in una dimensione di carattere speculativo (Gulinello and Mucelli, 2019). Il processo conoscitivo sperimentabile attraverso l'esperienza condotta all'interno dello spazio architettonico è tuttavia indissolubilmente legato alla scala dimensionale, ossia alla relazione fra la misura del corpo umano e quella dell'oggetto costruito. Per questo Bruno Zevi riteneva che, proprio per l'assenza di un rapporto corretto con la dimensione umana, il modello non potesse essere considerato come uno strumento soddisfacente per la comprensione dell'architettura. Secondo lo storico il fatto che un'architettura venga riprodotta ad una scala diversa da quella umana, ridotta alle dimensioni di un oggetto, è qualcosa di assurdo; in questo senso il modello non può che qualificarsi come una 'triste parodia' dell'originale, una sua mera imitazione (Zevi, 1948).

Il labile confine fra riproduzione e sperimentazione rappresenta però nella cultura architettonica contemporanea un tema di grande rilievo, che sembra aver attratto recentemente l'interesse di diversi storici e critici dell'architettura (Elser and Cachola Schmal, 2012; Kofler and Léglise, 2014). Si tratta infatti di un argomento che compare con una certa frequenza nel percorso di architetti e artisti e che ci spinge a leggere in questa sede il modello non come strumento di rappresentazione o presentazione del progetto ma come vero e proprio luogo di riflessione e di verifica sul rapporto fra l'uomo, lo spazio e l'architettura, strumento di mediazione fra l'architettura e le arti figurative nel percorso di indagine sulla natura della forma. A questa valenza assunta dal modello ci rimandano, a nostro avviso, una serie di indizi rintracciabili nella sperimentazione contemporanea sulle qualità dello spazio.

Se consideriamo il modello in grande scala è evidente che l'utilizzo di questo strumento per la sperimentazione progettuale affonda le proprie radici in tempi molto lontani, basti pensare al 'paradeigma' utilizzato nell'architettura greca come modello da seguire nella realizzazione del manufatto, ai modelli in pietra in scala reale fatti realizzare da Michelangelo per la Cappella dell'Imperatore a San Pietro, oppure alla porzione del Colonnato di S. Pietro che Bernini fece erigere sul sito. In seguito, nel Novecento il modello a grande scala rimane per lo più legato alla verifica del dettaglio costruttivo, ma nella contemporaneità esso diventa terreno di indagine per diversi architetti, da Sir Norman Foster a Frank Gehry, da Steven Holl a Ieoh Ming Pei, da Renzo Piano a Peter Zumthor (Moon, 2005). In questa sede si intende tuttavia restringere il

campo, cercando di inquadrare il problema secondo una prospettiva inconsueta, e portare l'attenzione su alcune esperienze che, per la particolarità con cui esplorano il mondo della ricostruzione tridimensionale, ci suggeriscono sottili analogie con una serie di sperimentazioni condotte, contemporaneamente, nel campo delle arti.

Da un lato alcuni architetti, come David Chipperfield o Manuel e Francisco Aires Mateus, tendono a lavorare sempre più assiduamente con modelli in grande scala o in scala reale, mirando a riconoscere alla figura umana il ruolo di elemento primario nella concezione dello spazio architettonico e sottolineando l'importanza del movimento del corpo nello spazio. Il modello diventa per loro non solo uno strumento di verifica delle scelte progettuali, dei valori costruttivi, cromatici e materici dell'opera architettonica, ma un vero e proprio dispositivo che consente di ribadire esplicitamente la propria necessità di sperimentare lo spazio dall'interno, di definire quale sia la scala, la dimensione che ci consente di parlare di spazio architettonico e non di spazio scultoreo. Il modello sembra così convertirsi in una sorta di prototipo dello 'spazio abitabile'.

Dall'altro lato è possibile seguire la traiettoria di artisti che, come Rachel Withread, esplorano il territorio di confine fra le discipline dell'architettura e della scultura utilizzando a loro volta installazioni in scala reale, in grado di confrontarsi in forma diretta con la dimensione umana, perseguitando una sorta di condensazione dello spazio vuoto. Oppure di artisti che, come Thomas Demand, ricostruiscono fisicamente e fedelmente luoghi che appartengono alla storia collettiva o al vissuto personale. Luoghi da ritrarre attraverso immagini fotografiche che giungono a sovvertire la banale corrispondenza al reale rivendicando la forza evocativa dello spazio architettonico. La scultura, o la fotografia, sembrano anche in questi casi alludere alla fisicità dello 'spazio abitabile'.

La sperimentazione del modello in scala reale sembra perciò manifestare, non solo nell'ambito della ricerca architettonica ma anche in generale nel campo delle arti figurative, l'urgenza di una riflessione sullo spazio che sia in grado di riconoscere la centralità della nozione di tempo, valorizzando la presenza dell'uomo e la concezione dinamica dello spazio in opposizione a quella statica della tradizione, basata su sistemi squisitamente proporzionali, e riconsegnando lo spazio architettonico al mondo della percezione e dunque della soggettività confermando la sua natura di simulacro.

**Spazio e simulacro** | Nel IV libro del *De Rerum Natura*, Lucrezio definisce i 'simulacra', cioè le immagini, le figure, ossia quelle che venivano identificate dalla dottrina epicurea con il termine greco 'eidola', come sottili veli atomici che, a contatto con i sensi, rivelano le cose determinandone la percezione. Questi simulacri, in grado di popolare oltre al mondo degli oggetti la nostra dimensione onirica, vengono anche definiti nel testo come 'membrane', come 'cor-teccia', per la proprietà che ha l'immagine di presentarsi come qualcosa di simile al corpo che la emana. Ma ciò che colpisce è l'insisten-

za con cui il poeta e filosofo latino cerca di descrivere l'immagine soffermandosi sulla sua delicatezza. Cercando di mettere a fuoco la sostanza dei 'simulacra', di interrogarsi sul carattere di queste figure, Lucrezio le definisce infatti ripetutamente come 'tenui immagini' che si staccano dalla superficie delle cose. Poi, sottolineando ancora una volta la 'tenue natura' dell'immagine, egli evidenzia come siano 'sottili' i principi di tutte le cose e manifesta l'impalpabilità, l'evanescenza, la levità dell'immagine stessa. Un'immagine che trova la sua ragione d'essere nel disvelarsi dell'oggetto attraverso il processo percettivo inteso come forma di conoscenza.

Da questo punto di vista anche lo spazio può esser concepito, così come ci invita a fare Luigi Moretti attraverso la sua ricerca sulle sequenze spaziali, come entità fisica dotata di una presenza concreta, restituita dalla sostanza rarefatta di cui esso è costituito, in grado di emanare una propria immagine. Perché «[...] uno spazio interno ha come superficie limite quella scorza su cui si condensano e si leggono le energie e i fatti che lo consentono e lo formano e dei quali esso spazio a sua volta genera l'esistenza» (Moretti, 1952-53, p. 10). Lo spazio, come ogni altro elemento fisico che faccia parte del mondo reale, può dunque manifestarsi in quanto simulacro. Moretti traduce le sue osservazioni attraverso una serie di modelli volumetrici, volumi pieni realizzati in gesso che intendono rendere manifeste, indipendentemente dalla materia che lo racchiude, le qualità del vuoto: la forma, la dimensione, la densità e la 'pressione' o 'carica energetica' (Fig. 1).

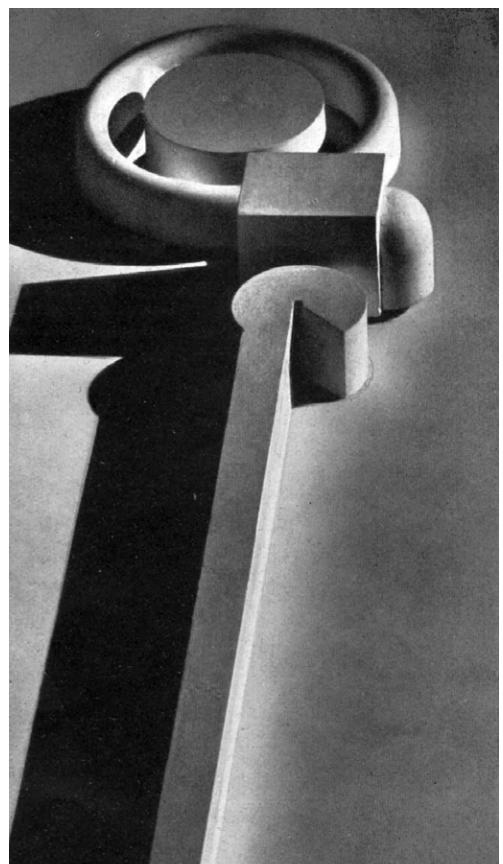


Fig. 1 | Luigi Moretti, 'Villa Adriana', inner spaces (source: Spazio, n. 7, 1952-1953).



**Figg. 2, 3** | David Chipperfield, Models (credits: David Chipperfield Architects).

Next page

**Figg. 4, 5** | Aires Mateus, 'House in Alcácer do Sal', 2003 (credits: Aires Mateus).



Questa interpretazione continuerà a conservare grande fascino nel tempo, definendosi come significativo orizzonte di confronto per la ricerca sulla costruzione dello spazio. In particolare alcuni fra i più noti architetti della contemporaneità troveranno nel modello d'architettura uno strumento centrale per lo sviluppo della propria indagine progettuale.

**Prototipi dello 'spazio abitabile'** | Il catalogo dedicato alla mostra *Essentials – David Chipperfield Architects 1985-2015* che ha avuto luogo a Madrid, una delle più recenti pubblicazioni sull'opera dell'architetto, presenta, fra gli altri contributi, un testo piuttosto consistente di Rik Nys. Project Manager del gruppo di progettazione, Nys dedica un approfondimento al modello descrivendo il ruolo che questo strumento assume nella pratica progettuale dello studio (Nys, 2015). I modelli rappresentano per Chipperfield un dispositivo irrinunciabile in grado di condurre, attraverso la materialità, all'esplorazione della forma e all'anticipazione delle caratteristiche assunte dallo spazio progettato. Il titolo del contributo, *Facsimile, Verisimilitudine and Simulacra*, non appare però come una semplice coincidenza. Dopo aver costruito una tassonomia dei modelli, distinguendoli in concettuali, modelli trofeo, di presentazione, di studio e di lavoro, Nys afferma infatti che la rappresentazione fisica e in scala dello spazio prefigurato dal progetto suppone il materializzarsi di un elemento primario, ossia la partecipazione dello spettatore. Il modello così concepito, cioè come vero e proprio simulacro, contrariamente a quanto succede con le immagini digitali si spinge oltre la semplice rappresentazione per coinvolgere l'osservatore immergendolo nella fruizione dello spazio, conducendolo fisicamente al suo interno (Figg. 2, 3).

Momento centrale per l'orientamento della pratica progettuale in una direzione che riconosce al modello di grandi dimensioni questo tipo di ruolo è stato, per lo studio, il concorso a inviti indetto nel 1993 da Olivetti per la progettazione di una Banca. Al concorso, che prevedeva la presentazione di un modello del progetto in scala 1:20, erano stati invitati, oltre a Chipperfield, Herzog & de Meuron e Souto de

Moura. La scelta di Olivetti esprimeva la volontà di coinvolgere degli architetti europei la cui attività progettuale fosse considerata significativa nel panorama della cultura architettonica internazionale e che appartenessero, al tempo stesso, a un contesto sociale e culturale simile (Guilherme and Rocha, 2013). Oggetto della competizione era il progetto di un edificio per una banca di medie dimensioni. Potremmo dire che si trattava di costruire un 'modello' di edificio. Venivano infatti indicati come unici vincoli da rispettare la collocazione in una città della provincia europea (lasciando al progettista la definizione del luogo), la superficie da occupare (25x25 metri), e l'altezza dell'edificio (tre piani).

Come ricorda Nys, i modelli di studio in cartone costruiti in quell'occasione si erano rivelati per gli architetti non solo come 'potenti embrioni' capaci di offrire occasioni di verifica alle soluzioni tecniche ipotizzate ma anche e soprattutto come 'scorci di proporzioni e spazio puro'. La possibilità di costruire un riferimento concreto, quasi privo di filtri, allo spazio reale trasformava così il modello in un mezzo capace di trasportare l'osservatore all'interno dello spazio simulato restituendo, attraverso questa esperienza, uno degli elementi basilari per Nys nella sperimentazione progettuale: il 'senso della scoperta'. Perciò da quel momento in poi l'utilizzo del modello in grande scala diventerà per Chipperfield 'modus operandi quotidiano' e la sperimentazione in questo senso si spingerà fino a comprendere l'intervento su di esso con il colore, con il disegno, con la modifica e la sostituzione di parti, trasformandolo in una vera e propria 'tela tridimensionale' e coinvolgendo in queste operazioni anche gli artisti che di volta in volta collaborano alla definizione del progetto.

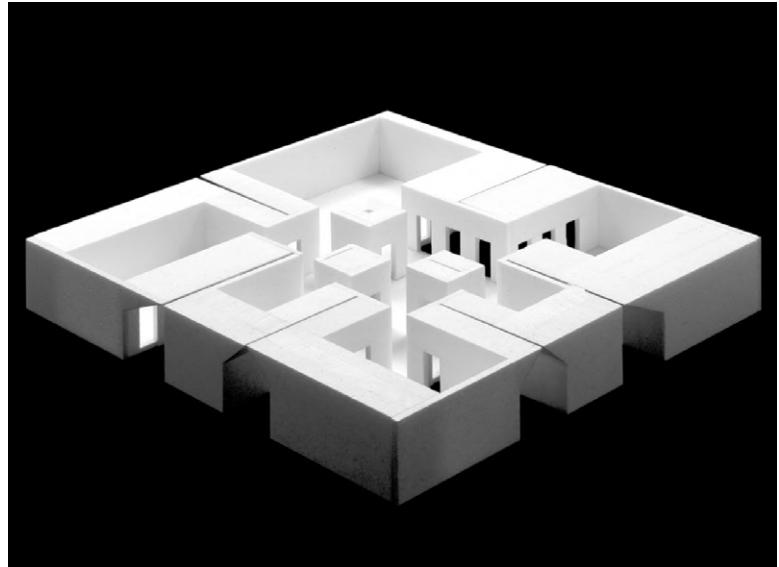
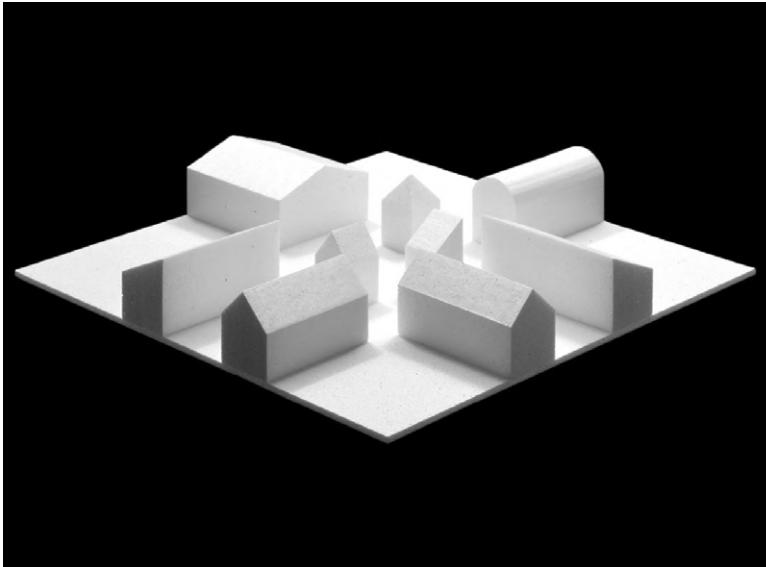
Le potenzialità del modello come dispositivo capace di accompagnare verso l'esplorazione dello spazio nella sua dimensione materica vengono a loro volta confermate dal percorso di ricerca proposto da Aires Mateus Arquitectos. In questo caso però la forma viene declinata secondo modalità che riecheggiano con una certa intensità, per lo meno nei presupposti, lo sguardo morettiano sullo spazio

(Figg. 4, 5). Nel caso dei Mateus infatti il tema del vuoto come materia dell'architettura, l'idea che lo spazio sia la vera sostanza dell'architettura, spinge a cercare di identificare attraverso il modello il limite fra vuoto e pieno, la soglia fra interno ed esterno, dirigendo l'attenzione verso lo spazio dello scavo più che nei confronti della massa costruita (Cortés, 2018).

Questo tipo di interesse conduce a una serie di sperimentazioni che trovano nell'utilizzo del modello a grande scala, o meglio ancora in scala reale, il tramite ideale per un'indagine che si concentra sulla relazione fra l'uomo e lo spazio rispondendo a quella che essi stessi definiscono come una 'ossessione fenomenologica', legata al bisogno di progettare lo spazio dall'interno (Mucelli, 2019). Come affermano in occasione di una conversazione con Emilio Tuñon, il modello in scala 1:20, normalmente utilizzato all'interno dello studio nonostante le problematiche legate in alcuni casi alle dimensioni decisamente ingombranti di questi oggetti, consente di avere una visione dell'architettura dall'interno ma anche di evitare quei possibili abbagli che un modello in piccola scala potrebbe favorire.

I modelli di piccole dimensioni infatti si avvicinano sempre per i Mateus all'idea di miniatura e per questo tendono, da un certo punto di vista, a ingannare, facendo apparire il progetto più convincente e affascinante di quanto possa effettivamente risultare nella realtà. Ma c'è un altro motivo per cui nella loro pratica Manuel e Francisco Aires Mateus prediligono i modelli di grandi dimensioni: lavorare con modelli grandi permette loro di raggiungere 'l'approssimazione a una scala che simula l'opera in modo quasi reale'. Il progettista può disporre cioè di uno strumento che gli consente di anticipare i problemi con cui dovrà confrontarsi in fase di realizzazione dell'opera. Il modello si configura così, a loro dire, come una sorta di 'pre-ope-ra', ossia come una occasione davvero unica e, al tempo stesso, irrinunciabile per lavorare sullo spazio (Tuñon, 2018).

Nei modelli a grande scala è possibile riscontrare l'insistenza sulla messa a fuoco di temi spaziali che si ripresentano all'interno di progetti e opere diverse, accompagnando l'a-



vanzamento della ricerca sulla forma condotta dagli architetti, favorendo l'approfondimento da parte loro di alcuni aspetti centrali e spingendoli verso sperimentazioni capaci di generare ogni volta visioni inedite intorno a uno stesso tema. In questo senso pensiamo possono essere lette le installazioni che i fratelli Mateus hanno l'occasione di realizzare all'interno di alcune delle più recenti edizioni della Biennale di Venezia. Si tratta sempre di riflessioni sullo spazio abitabile, indagini che, se da un lato sono in grado di evidenziare e sottolineare il ruolo essenziale assunto dalla presenza umana all'interno dello spazio, dall'altro, proprio in considerazione della loro scala, assumono la veste di esercizi di prefigurazione che in alcuni casi sembrano trasformare il modello in prototipo sperimentale.

Se per esempio prendiamo in considerazione la partecipazione dei Mateus alla XIII Biennale di Venezia del 2012, con l'installazione Radix (Figg. 6, 7), risulta interessante stabilire un collegamento fra la spazialità sperimentata in quell'occasione e alcune successive riflessioni sviluppate dagli architetti. Le tre cupole dorate attraverso le quali i Mateus cercano di stabilire una relazione evocativa con il contesto della città lagunare costituiscono, infatti, una preziosa occasione di sperimentazione plastica che non si riduce a un'esperienza isolata. Sembra quasi inevitabile ricondurre la riflessione ai caratteri spaziali della Casa a Fontinha o, meglio ancora, della Casa a Monsaraz, dove la cupola in corrispondenza dell'angolo che si affaccia sul lago di Alqueva denuncia il ricorso alla figura sferica come forma archetipica (Fig. 8). L'oculo che, intersecando la cupola la ritaglia secondo un andamento inverso disegna una sagoma che ribadisce, a sua volta, la geometria della figura. Anche nel Museo del Parque de los Cuentos, lo spazio principale ipogeo è definito da una volta sferica incisa da un oculo che permette alla luce di penetrare al suo interno e i passaggi che consentono di accedere a questo spazio ritagliano la volta mettendone in evidenza la sezione (Fig. 9).

Appare dunque con evidenza l'interesse nei confronti di una condizione spaziale in cui l'operazione di scavo della materia che genera la

cupola si accompagna alla sperimentazione di 'tagli' che ne sezionano l'involucro e sembrano così mettere a nudo la 'scorza' che avvolge il vuoto, sottolineandone l'idea di non finito. In Radix, così come nei progetti appena citati, l'interazione e l'intersezione di solidi sferici o di ovoidi denunciano l'interesse nei confronti di un progetto in grado di evocare la rovina, l'architettura incompiuta – i riferimenti dichiarati più volte dai Mateus sono la Villa di Adriano a Tivoli, la Grotta di Tiberio a Sperlonga, il Tempio di Diana e quello di Mercurio a Baia – forzandone tuttavia, in un certo senso, le matrici formali attraverso una sperimentazione che individua nel modello di grandi dimensioni lo strumento di indagine per eccellenza.

**Figurazioni dello 'spazio abitabile'** | Forma, memoria, simulacro, sono tutti termini con cui si confronta anche il lavoro di Rachel Withread che, attraverso la costruzione di calchi, riproduce in scala reale spazi che appartengono alla vita quotidiana (Codognato, 2007). Si tratta di sculture di grandi dimensioni che in un certo senso replicano concettualmente quanto sperimentato da Luigi Moretti, ossia mirano a materializzare il vuoto dello spazio condensandolo in volumi pieni. In entrambi i casi lo spazio vuoto sembra definirsi come matrice negativa in grado di esprimere contemporaneamente se stessa e l'involucro che la definisce. Ma se i modelli di Moretti concentrano l'attenzione sulla sequenza degli spazi, e in particolare sulle leggi che regolano la loro successione e che incidono sugli aspetti psicologici ed emotivi legati alla loro percezione, nell'opera della Withread gli oggetti vengono invece caricati di valori legati alla memoria e al vissuto. Le sculture richiamano il significato originario del calco, inteso come 'matrice della forma', restituendo in positivo lo spazio da esso definito con l'intenzione di rendere visibile l'interiorità delle cose e con essa la memoria di ciò che è accaduto all'interno degli spazi che esse rappresentano. Gli oggetti sembrano così materializzare la sostanza eterea che costituisce il vuoto, trasformando lo scavo in elemento plastico e congelando al suo interno i segni della presenza umana.

Una delle opere più note dell'artista ingle-

se, House (Fig. 10), consiste nella restituzione di un alloggio vittoriano realizzata utilizzando le pareti esterne come stampo per la costruzione della scultura che, una volta solidificata, viene privata di ogni elemento appartenente al calco originario. Il legno, le finestre, tutti gli elementi che costituivano il guscio dell'abitazione vengono asportati, rendendo visibile attraverso il condensarsi della materia lo spazio prima occupato dalla casa. In questo senso l'opera propone una sorta di rovesciamento, non solo percettivo ma anche concettuale, realizzando, come afferma Mario Codognato (2007, p. 17), «[...] una contro-architettura che rende tangibile il vuoto quale materializzazione della memoria, quale congelamento del tempo, un fermo immagine sull'assenza come ricostruzione del flusso dell'esistenza».

L'utilizzo dell'opera artistica come strumento che consente di esplorare lo spazio e le relazioni che al suo interno intrattengono oggetti e persone trova nella Withread una chiave interpretativa nell'inversione del rapporto pieno-vuoto. Un'inversione che avvicina la traiettoria della Withread all'esperienza di Eduardo Chillida (2010) e alla sua volontà di esprimere le qualità del 'tridimensionale vuoto', cioè dello spazio, per mezzo del 'tridimensionale pieno', ossia della materia. Ma il paradosso dell'inversione ci pone di fronte a una sorta di raddoppio nel momento in cui la Withread, utilizzando per le proprie sculture resine colorate, restituisce lo spazio vuoto attraverso una materia piena che consente di essere esperita internamente in virtù della sua trasparenza.

Questo tipo di raddoppio ha concettualmente molto in comune con quanto sperimentato nel campo della fotografia da Thomas Demand, l'artista tedesco chiamato da David Chipperfield a interpretare le copertine della rivista Domus per l'intera annata 2020 (Fig. 11). Le immagini prodotte da Demand, che ha sicuramente conosciuto Rachel Withread negli anni Novanta, quando si trovava a Londra per completare la sua formazione presso il Goldsmiths College, sono sempre costruite rispettando una precisa sequenza metodologica che si sviluppa secondo la successione immagine-modello-immagine (Marcoci, 2005). Gli spazi ritratti attra-



Figg. 6, 7 | Aires Mateus, 'Radix', 13th Biennale Architettura, Venice, 2012 (credits: Aires Mateus).

verso la fotografia, generalmente luoghi caratterizzati da un alto contenuto simbolico per la storia tedesca, per una determinata collettività o per l'autore, vengono infatti individuati e precisati attraverso un'immagine tratta dalla stampa o dalla pubblicità, a volte da una cartolina o da una vecchia fotografia, e poi ricostruiti tridimensionalmente in scala reale utilizzando polistirolo, carta e cartoncino, materiali effimeri.

Il modello, realizzato di solito interamente e autonomamente da Demand come se si trattasse di una scultura, viene infine fotografato, rigorosamente privo di qualsiasi presenza umana, cercando di accentuare il più possibile la verosimiglianza delle immagini. Le fotografie, stampate in grande formato, vengono poi esposte senza ricorrere all'uso di cornici e ricercando una sorta di messa in scena architettonica.

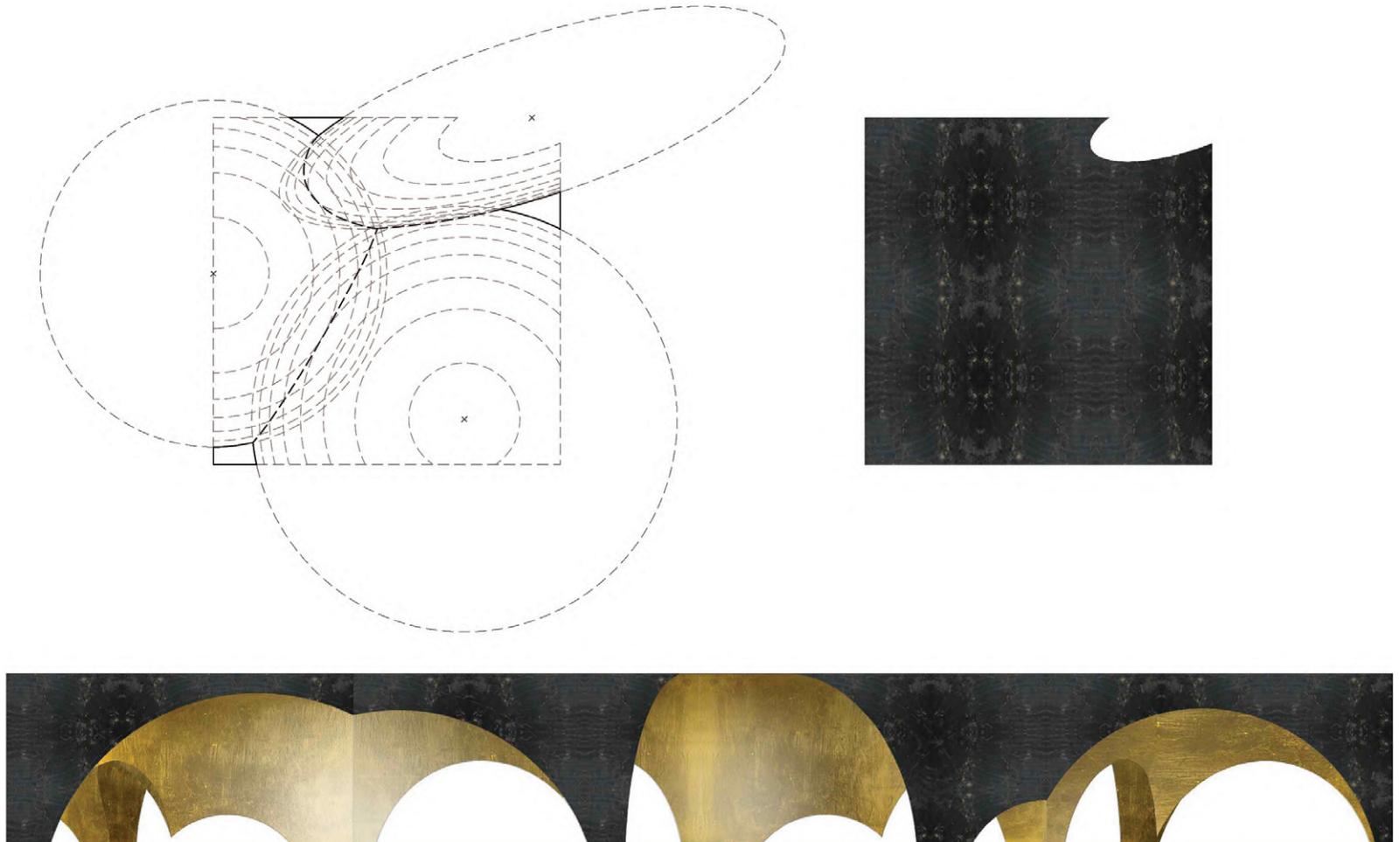
Le esposizioni sono spesso allestite in collaborazione con Adam Caruso e Peter St. John, come nel caso delle mostre realizzate presso la Fondation Cartier di Parigi nel 2000, la Kunsthaus di Bregenz nel 2004 e la Nationalgalerie di Berlino nel 2009. Una volta fotografati, i modelli vengono poi definitivamente distrutti, rivelando in maniera inequivocabile con questa operazione la ricerca di una relazione volutamente ambigua fra la riproduzione e l'originale (Abish and Godfrey, 2009).

Le ricostruzioni di Demand richiedono generalmente tempi molto lunghi per la realizzazione, anche diversi mesi, e sono caratterizzate da un'attenzione estrema nei confronti della restituzione di superfici e colori. L'artista costruisce l'architettura dell'immagine curandone ogni particolare allo scopo di definire spazi dal forte realismo il cui carattere illusorio viene tuttavia denunciato volutamente attraverso la rivelazione di piccole imperfezioni capaci di tradire la vera natura dell'opera. Si tratta di un lavoro che, guardando alle esperienze del costitutivo e dell'arte concettuale, sviluppa una riflessione sulla relazione fra realtà e illusione trovando nella ricostruzione dello spazio in scala reale, in un contesto temporale preciso, e nella sua relazione unica con la posizione dell'obiettivo fotografico, il presupposto per interrogarsi sui principi dell'oggettività (Fig. 12).

Anche quando, nel 2011, l'artista trascorre un periodo di studio presso il Getty Research Institute, questa riflessione si rinnova confrontandosi con l'archivio dell'architetto modernista californiano John Lautner. Le fotografie che Demand dedica ai 12 modelli di Lautner li conservati, rifiutano deliberatamente di confrontarsi con la rappresentazione dello spazio architettonico da essi descritto preferendo, rispetto a un atteggiamento di tipo mimetico, l'interpretazione della realtà come concetto flessibile. Le immagini prodotte dall'artista intendono perciò approdare, attraverso riprese fortemente ravvicinate dei modelli architettonici di studio (Fig. 13), alla rappresentazione di concetti spaziali, dichiarando apertamente la loro vicinanza alle sperimentazioni condotte negli anni Venti dagli studenti della scuola di architettura del Wchutemas (Demand, 2011).

**Conclusioni** | Il modello in scala reale, oggetto di sperimentazioni nel campo dell'architettura, della scultura, della fotografia, rappresenta un possibile luogo di riflessione intorno al tema della relazione fra costruzione, spazio e immagine. Come sosteneva Bruno Zevi (1960) sarebbe certamente riduttivo ipotizzare un'identità fenomenologica delle arti, annullandone in questo modo le specificità; al tempo stesso è indubbio che esista fra di esse una 'consonanza linguistica'. Le riflessioni sviluppate attraverso la costruzione di modelli tridimensionali a grande scala o in scala reale con i mezzi e gli strumenti delle diverse discipline spingono così a riconoscere la possibilità di sviluppare, nell'ambito della teoria e della tecnica della progettazione, una riflessione sulla relazione fra l'uomo e lo spazio alla luce del ruolo che l'immagine riveste nel progetto contemporaneo.

Se l'architettura contemporanea tende sempre più a privilegiare la bidimensionalità, inter-



pretando lo spazio del progetto come superficie fotografica in cui l'oggetto architettonico deve esaltare la sua fotogenia, esiste una riflessione sulla qualità dello spazio che inverte questa direzione di ricerca muovendo invece dalla bidimensionalità dell'immagine alla costruzione tridimensionale dello spazio. Gli architetti del moderno, come ricorda Beatriz Colomina (2006), costruivano modelli percorrendoli instancabilmente con l'obiettivo fotografico fino a isolare immagini cristalline in cui l'architettura fosse assimilabile a un modello in carta. Non possiamo dire lo stesso delle architetture di Chipperfield o di Aires Mateus, tese a sperimentare la grana e le qualità dello spazio in una dimensione che non può e non vuole rinunciare alla presenza umana. Anche Rachel Withread e Thomas Demand descrivono un percorso per certi versi assimilabile, in cui la costruzione restituisce allo spazio il valore della memoria.

Entrambi, nel momento in cui si dispongono alla realizzazione dell'opera, con un'attitudine che potremmo definire da architetti, costruiscono spazi, ottenendo solo in seguito delle immagini. Su questi temi e su questa idea di rovesciamento del processo di definizione della forma pensiamo si potrebbe forse continuare a riflettere nell'ambito del progetto d'architettura, anche alla luce del ruolo assunto dal modello virtuale. Se il disegno digitale rischia infatti di esporci a una insanabile frattura con il processo ideativo, guadagnando una sorta di pericolosa autonomia e introducendo l'elemento della causalità come fonte di 'produttiva indeterminatezza' (De Giovanni and Sposito, 2019), il rico-

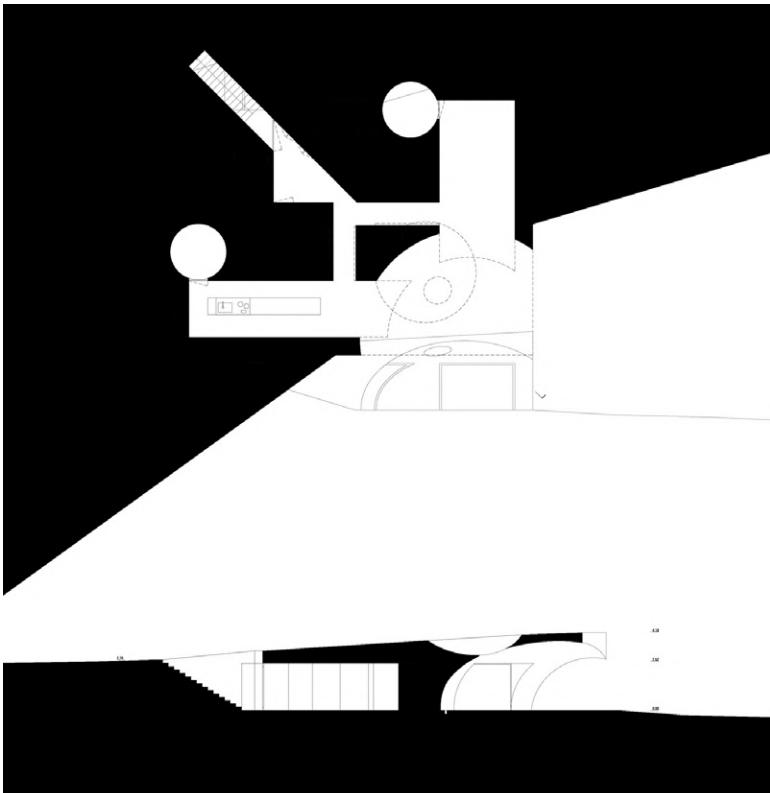
noscimento di un ruolo centrale al modello fisico in grande scala può contribuire a chiarire le possibili relazioni fra concetto e rappresentazione nel processo di determinazione della forma e di modulazione dello spazio. Perché anche nell'era della modellazione tridimensionale i modelli fisici, come ricorda Fanny Léglise (2014), grazie alla loro duttilità, alla capacità di proporsi di volta in volta come strumenti di studio, come icone, schemi, prototipi e molto altro ancora, riaffermano la natura di quelli che Seymour Papert definiva 'objects to think with' (Léglise, 2014).

For some contemporary architects, the physical model has represented and continues to represent a highly effective tool not only for thinking about architecture but also for conveying the ideation process it is based on. While models allow us to control the articulation of the shape, they also enable us to explore alternative possibilities to those selected for the design. In this sense, a model can be defined as a reality far removed from the simple three-dimensional representation of an object, crossing the threshold of imitation to enter a speculative dimension (Gulinello and Mucelli, 2019). However, the cognitive process that can be experienced within the architectural space is inextricably linked to the dimensional scale, i.e. the relationship between the measurement of the human body and that of the built object. For this reason, precisely because of the ab-

sence of a correct relationship with the human dimension, Bruno Zevi believed that models could not be considered as satisfactory tools for understanding architecture. According to the historian, the fact that architecture is reproduced on a scale other than human scale, reduced to the size of an object, is something absurd. In this sense, the model could only qualify as a 'sad parody' of the original, a mere imitation of it (Zevi, 1948).

However, the blurred boundary between reproduction and experimentation is a major issue in contemporary architectural culture, which seems to have recently attracted the interest of several architectural historians and critics (Elser and Cachola Schmal, 2012; Kofler and Léglise, 2014). In fact, it is a subject that comes up with a certain frequency in the world of architects and artists, and forces us here to interpret the model not as an instrument of representation or presentation of the project, but rather as a real place of reflection and verification of the relationship between man, space and architecture, a tool of mediation between architecture and the figurative arts in the investigation of the nature of form. In our opinion, this value assumed by the model is driven by a series of clues that can be traced back to contemporary experimentation on the qualities of space.

If we consider the large-scale model it is clear that the use of this tool for design experimentation has its roots in very distant times, just think of the 'paradeigma' used in Greek architecture as a model to be followed in the realisation of the artefact, the full-scale stone mod-



**Fig. 8** | Aires Mateus, 'House in Monsaraz', 2007-2018 (credit: Aires Mateus).

**Fig. 9** | Aires Mateus, 'Parque de los Cuentos Museum', Malaga, 2008 (credit: Aires Mateus).

*Next page*

**Fig. 10** | Rachel Whiteread, Untitled (House), 1993, Concrete, wood and steel (destroyed on January 11, 1994), commissioned by Artangel, sponsored by Beck's (credit: R. Whiteread; Courtesy of the artist, Luhring Augustine, New York, Galleria Lorcan O'Neill, Rome, and Gagosian Gallery).

**Fig. 11** | Domus, n. 1043, February 2020, cover.

els made by Michelangelo for the Chapel of the Emperor in St. Peter's or the portion of the Colonnade of St. Peter's that Bernini had built on the site. Later, in the 20th century, large-scale models remained mostly linked to the verification of construction details, but in the contemporary world, it became a field of investigation for several architects, from Sir Norman Foster to Frank Gehry, from Steven Holl to Ieoh Ming Pei, from Renzo Piano to Peter Zumthor (Moon, 2005). Here, however, the intention is to narrow the field, trying to frame the problem according to an unusual perspective and bring attention to some experiences that, because of the particularity with which they explore the world of three-dimensional reconstruction, suggest subtle analogies with a series of experiments conducted simultaneously in the field of the arts.

On the one hand, some architects, like David Chipperfield or Manuel and Francisco Aires Mateus, tend to work more and more assiduously with large-scale or full-scale models, recognising the human figure as a primary element in the conception of architectural space and emphasising the importance of the body's movement in space. For them, the model becomes not only a tool to verify design choices, the constructive, colour and material values of the architectural work but an actual device that allows them to explicitly reiterate their need to experience the space from the inside, to define what the scale is, the dimension that allows us to talk about architectural space and not sculptural space. The model thus seems to become a sort of prototype of 'habitable space'.

On the other hand, it is possible to follow the trajectory of artists who, like Rachel Whiteread, explore the territory on the border between the disciplines of architecture and sculpture using full-scale installations, able to con-

front the human dimension in a direct way, pursuing a sort of condensation of empty space. Or, like Thomas Demand, they physically and faithfully reconstruct places that belong to collective history or personal experience. Places to portray through photographic images that come to subvert the banal correspondence with reality by claiming the evocative power of architectural space. Sculpture, or photography, seems to allude to the physicality of 'habitable space' in these cases as well.

The use of full-scale models, therefore, seems to manifest, not just in the field of architectural research but also in general in the field of figurative arts, the urgency of a reflection on space that is able to recognise the centrality of the notion of time, building on the presence of man and the dynamic conception of space in opposition to the static conception of tradition based on exquisitely proportional systems, and returning architectural space to the world of perception and therefore subjectivity, confirming its nature as a simulacrum.

**Space and simulacrum** | The fourth book of De Rerum Natura Lucretius defines 'simulacra', that is, images, figures, i.e. those that were identified by Epicurean doctrine with the Greek term 'eidola', as thin atomic veils that, in contact with the senses, reveal things determining their perception. These simulacra, able to populate not only the world of objects but also our dreams, are also defined in the text as 'membranes', as 'cortex', for the property that images have of presenting themselves as something similar to the body that emanates them. But what is striking is the insistence with which the Latin poet and philosopher tries to describe the image by dwelling on its delicacy. Trying to focus on the substance of 'simulacra', to question the character of these fig-

ures, Lucretius repeatedly defines them as 'faint images' that detach themselves from the surface of things. Then, underlining once again the 'faint nature' of the image, he highlights how the principles of all things are 'subtle' and manifests the impalpability, the evanescence, the lightness of the image itself. An image that finds its reason for being in the unveiling of the object through the perceptive process understood as a form of knowledge.

As Luigi Moretti invites us to do through his research on spatial sequences, from this point of view space can also be conceived as a physical entity endowed with a concrete presence, conveyed by the rarefied substance it is made of, able to emanate its own image. Because an inner space has as its limit surface that exterior upon which are condensed and read the energies and facts that allow and form it and of which in turn space generates existence (Moretti, 1952-53). Space, like any other physical element that is part of the real world, can, therefore, manifest itself as a simulacrum. Moretti translates his observations through a series of volumetric models, solid volumes made of plaster that are intended to make the qualities of the emptiness manifest regardless of the material that encloses it: form, size, density and 'pressure' or 'energy charge' (Fig. 1).

This interpretation will continue to retain great appeal over time, defining itself as a significant horizon of comparison for research into the construction of space. In particular, some of the most famous contemporary architects consider architectural models a central tool for the development of their design studies.

**Prototypes of 'habitable space'** | The catalogue for the exhibition Essentials – David Chipperfield Architects 1985-2015 in Madrid, one of

the most recent publications on the architect's work, among other contributions includes a rather substantive text by Rik Nys. Project Manager of the design Group, Nys takes an in-depth look at the model, describing the role that this tool assumes in the studio's design work (Nys, 2015). For Chipperfield, models represent an indispensable device whose materiality allows exploration of form and the anticipation of the characteristics assumed by the designed space. However, the title of the contribution – Facsimile, Verisimilitude and Simulacra – does not appear to be a mere coincidence. After having constructed a taxonomy of models, distinguishing them in conceptual, trophy, presentation, study and work models, Nys states that the physical and scale representation of the space prefigured by the project presupposes the materialisation of a primary element, namely the participation of the spectator. The model thus conceived, i.e. as a real simulacrum, contrary to what happens with digital images, goes beyond simple representation to involve observers by immersing them in the fruition of the space, guiding them physically inside it (Figg. 2, 3).

For the studio, a central moment for the orientation of design in a direction that attributed this type of role to the large model was the invitation-only competition launched in 1993 by Olivetti for the design of a Bank. In addition to Chipperfield, Herzog & de Meuron and Souto de Moura were invited to the competition, which included the presentation of a 1:20 scale model of the project. Olivetti's choice expressed the desire to involve European architects whose design work was considered significant in the panorama of international architectural culture and who also belonged to a similar social and cultural context (Guilherme and Rocha, 2013). The object of the competition was the design of a building for a medium-sized bank. We could say that it was for building a 'model' of a building. In fact, the only constraints to be respected were the location in a city in the European suburbs (leaving it to the designer to define the place), the surface area to be occupied (25x25 metres) and the height of the building (three floors).

As Nys noted, architects found the cardboard models built on that occasion not only to be 'powerful embryos' capable of offering opportunities to verify the technical solutions hypothesised, but also and above all 'glimpses of proportions and pure space'. The possibility of constructing a concrete, almost filterless reference to real space thus transformed the model into a medium capable of transporting the observer inside the simulated space, conveying through this experience what Nys considers to be one of the basic elements in design experimentation: the 'sense of discovery'. Indeed, from that moment on the use of large-scale models would become Chipperfield's 'daily modus operandi' and experimentation with them would go so far as to understand the project by adding colour, drawings, the modification and replacement of parts, transforming them into 'three-dimensional canvases' and even involving the artists who from time to time collaborated in defining the project.

The potential of the model as a device capable of accompanying the exploration of space in its material dimension is in turn confirmed by the research proposed by Aires Mateus Arquitectos. In this case, however, the form is articulated in ways that echo Moretti's view of space with a certain intensity, at least in the assumptions (Figg. 4, 5). In fact, in the case of the Mateuses the topic of emptiness as a matter of architecture, the idea that space is the true substance of architecture, pushes them to try to identify the limit between empty and full through the model, the threshold between inside and outside, directing attention more towards the shaped space than towards the built mass (Cortés, 2018).

This type of interest leads to a series of experiments that find in the large-scale model – or better still 1:1 scale – the ideal medium for an investigation that focuses on the relationship between man and space, responding to what they define as a 'phenomenological obsession' linked to the need to design space from the inside (Mucelli, 2019). As stated during a conversation with Emilio Tuñon, the 1:20 scale models normally used inside the studio despite the problems related in some cases to the very bulky dimensions of these objects allow for a view of the architecture from the inside but also help avoid blunders that small-scale models foster.

In fact, for the Mateuses small models always come close to the idea of miniatures, and for this reason, from a certain point of view, they tend to deceive, making the project appear more convincing and appealing than it might actually be in reality. But there is another reason why Manuel and Francisco Aires Mateus prefer large models in their studio: working with large models allows them to achieve 'approximation to a scale that simulates the work in an almost real manner'. In other words, designers can have at their disposal a tool that allows them to anticipate the issues they will have to deal with during the realisation of the work. Thus, for them, the model constitutes a sort of 'pre-work', i.e. a truly unique and at the same time indispensable opportunity to work on the space (Tuñon, 2018).

In large-scale models it is possible to find an insistence on focusing on spatial concepts that reappear in different projects and works, accompanying the progress of the research on form conducted by architects, encouraging them to further their understanding of some central aspects and pushing them towards experimentation capable of generating each time new visions on the same topic. This is how we think the installations that the Mateus brothers have had the opportunity to exhibit in some of the most recent editions of the Biennale di Venezia can be interpreted. They are always reflections on habitable space, investigations that, while, on the one hand, can highlight and underline the essential role assumed by the human presence within the space, on the other hand, precisely because of their scale, they take on the guise of prefiguration exercises that in some cases seem to transform the model into an experimental prototype.

If, for example, we consider the participa-

tion of the Mateuses in the 13th Biennale di Venezia in 2012 with the installation Radix (Figg. 6, 7), it is interesting to establish a link between the spatiality experienced on that occasion and some subsequent work done by the architects. The three golden domes through which the Mateuses try to establish an evocative relationship with the context of the lagoon city are a valuable opportunity for plastic experimentation that is not reduced to an isolated experience. It seems almost inevitable to trace the reflection back to the spatial characteristics of the House in Fontinha or, better still, of the House in Monsaraz, where the dome at the corner overlooking Lake Alqueva demonstrates the use of the spherical figure as an archetypal form (Fig. 8). An oculus that, intersecting the dome, shaping it according to an inverse line and drawing a shape that in turn reaffirms the geometry of the figure. Also, in the Museum of the Parque de los Cuentos, the main underground space is defined by a spherical vault engraved by an oculus that allows light to penetrate inside and the passages that allow access to this space cut out the vault, highlighting its cross-section (Fig. 9).

There seems to be an interest in a spatial





**Fig. 12** | Thomas Demand, 'Abgang (Exit)', 2000, C-print with Diasec face, 156 x 250 cm (credit: T. Demand, VG Bild-Kunst, Bonn / SIAE, Rome).

**Fig. 13** | Thomas Demand, 'Beyer #13', 2011 (credit: T. Demand, VG Bild-Kunst, Bonn / SIAE, Rome).



condition where the excavation of the material that generates the dome is accompanied by the experimentation of 'cuts' that dissect the form and thus seem to lay bare the 'rind' that envelops the void, underscoring the idea of something unfinished. In Radix, as in the projects just mentioned, the interaction and intersection of spherical solids or ovoids evidence an interest in a project capable of evoking ruin, unfinished architecture (the references repeatedly declared by the Mateuses are Hadrian's Villa in Tivoli, the Cave of Tiberius at Sperlonga, the Temple of Diana and the Temple of Mercury at Baia) however, in a certain sense forcing the formal matrices through experimentation that identifies the large model as the instrument of investigation par excellence.

**Representations of 'habitable space'** | Form, memory, simulacrum are all terms also used to describe the work of Rachel Withread, who, through the construction of casts, reproduces full-scale spaces that belong to everyday life (Codognato, 2007). These are large sculptures that in a certain sense conceptually replicate what Luigi Moretti experienced, i.e. they aim to materialise the emptiness of space by condensing it into full volumes. In both cases, empty space seems to define itself as a negative matrix capable of simultaneously expressing itself and the shell that defines it. But while Moretti's models focus attention on the sequence of the spaces, and in particular on the laws that regulate their succession and affect the psychological and emotional aspects linked to their perception, in Withread's works objects are instead imbued with values linked to memory and experience. The sculptures recall the original meaning of the cast, understood as the 'matrix of the form', positively conveying the space defined by it with the intention of making visible the interiority of things and with it the memory of what happened inside the spaces

they represent. The objects thus seem to materialise the ethereal substance that constitutes the void, transforming the excavation into a plastic element and freezing within the signs of human presence.

One of the most famous works of the English artist, House (Fig. 10), consists in a Victorian accommodation made using the external walls as a mould for the construction of the sculpture, which, once solidified, is deprived of any element belonging to the original cast. The wood, the windows, all the elements that formed the shell of the house are removed, making visible the space occupied by the house through the condensation of the matter. In this sense the work proposes a sort of reversal that is both perceptual and conceptual, producing, as Mario Codognato (2007, p. 17) states, «[...] a counter-architecture that makes the void tangible as a materialisation of memory, as a freezing of time, a snapshot of absence as a reconstruction of the flow of existence».

Withread's use of art as a tool that allows exploring space and the relationships of objects and people within it offers an interpretative key for the inversion of the full-empty relationship. An inversion that brings Withread's trajectory closer to the experience of Eduardo Chillida (2010) and his desire to express the qualities of the 'three-dimensional void', i.e. space, through the 'three-dimensional full', i.e. matter. But the paradox of inversion confronts us with a sort of doubling when Withread, using coloured resins for her sculptures, conveys empty space through a full material that allows it to be experienced internally under its transparency.

Conceptually, this type of doubling has much in common with what was experimented with in the field of photography by Thomas Demand, the German artist called upon by David Chipperfield to interpret the covers of Domus magazine for the entire year of 2020 (Fig. 11). The images produced by Demand, who cer-

tainly met Rachel Withread in the 1990s when she was in London to complete her training at Goldsmiths College, are always constructed according to a precise methodological sequence that develops in the order image-model-image (Marcoci, 2005). The spaces portrayed through photography, generally places having high symbolic content for German history, for a specific community or the author, are identified and specified through an image taken from the press or advertising, sometimes from a postcard or an old photograph, and then reconstructed three-dimensionally in full scale using polystyrene, paper and cardboard, ephemeral materials.

The model, usually made entirely and independently by Demand as if it were a sculpture, is finally photographed, strictly devoid of any human presence, trying to accentuate the verisimilitude of the images as much as possible. The photographs, printed in large format, are then displayed without the use of frames and creating a sort of architectural staging. The exhibitions are often held in collaboration with Adam Caruso and Peter St. John, as in the case of the exhibitions held at the Fondation Cartier in Paris in 2000, the Kunsthause in Bregenz in 2004 and the Nationalgalerie in Berlin in 2009. Once photographed, the models are then definitively destroyed, unequivocally revealing with this operation the search for a deliberately ambiguous relationship between the reproduction and the original (Abish and Godfrey, 2009).

Demand's reconstructions generally take a very long time to complete, even several months, and are characterised by extreme attention to the replication of surfaces and colours. The artist constructs the architecture of the image paying attention to every detail to define spaces with a strong realism whose illusory character is however deliberately evident through the revelation of small imperfec-

tions capable of betraying the work's true nature. It is a work that, looking at the experiences of constructivism and conceptual art, reflects on the relationship between reality and illusion by seeking the premise for questioning the principles of objectivity in the reconstruction of space in full scale, in a precise temporal context and a unique relationship with the position of the photographic lens (Fig. 12).

Even when the artist spent a period of study at the Getty Research Institute in 2011, this reflection was renewed in a comparison with the archive of the Californian modernist architect John Lautner. The photographs that Demand dedicates to Lautner's 12 models preserved there deliberately refuse to deal with the representation of the architectural space described by them, preferring an interpretation of reality as a flexible concept to a mimetic attitude. Through close-up shots of architectural models (Fig. 13), the images produced by the artist seek to convey spatial concepts, openly declaring their closeness to the experiments conducted in the 1920s by students of the Wochtemas school of architecture (Demand, 2011).

**Conclusions** | Full-scale models, the subject of experiments in the fields of architecture, sculpture and photography, represent a possible place of reflection on the topic of the relationship between construction, space and image. As Bruno Zevi (1960) argued, it would certainly be reductive to hypothesise a phenomenological identity of the arts, thus annulling their specificities. At the same time,

there is no doubt that there is a 'linguistic consonance' between them. The reflections developed through the construction of large-scale or full-scale three-dimensional models with the means and instruments of the various disciplines thus lead to the recognition of the possibility of developing, in the field of design theory and technique, a reflection on the relationship between man and space in light of the role that the image plays in contemporary design.

While contemporary architecture tends increasingly to prefer two-dimensionality, interpreting the space of the project as a photographic surface where the architectural object must show off its photogenic quality, there is a reflection on the quality of space that reverses this direction of study, moving instead from the two-dimensionality of the image to the three-dimensional construction of space. As Beatriz Colomina (2006) recalls, modern architects built models and tirelessly travelled through them with the photographic lens until they isolated crystalline images in which the architecture was similar to a paper model. The same cannot be said of the architecture of Chipperfield or Aires Mateus, aimed at experimenting with the grain and qualities of space in a dimension that cannot and does not want to forgo human presence. Rachel Withread and Thomas Demand also describe a path that is in some ways comparable, where the construction conveys the value of memory to space.

Both of them, at the moment when they are ready to produce their works, with an attitude that we could define as worthy of architects, build spaces, obtaining some images

only afterwards. With respect to these topics and this idea of flipping the process of definition of form, we think that we could perhaps continue to reflect on the field of architectural design, also in light of the role assumed by virtual models. While digital design risks exposing us to an irremediable fracture with the ideation process, gaining a sort of dangerous autonomy and introducing the element of randomness as a source of 'productive indeterminacy' (De Giovanni and Sposito, 2019), the recognition of a central role of large-scale physical models can help to clarify the possible relations between concept and representation in the process of determining form and modulating space. Because even in the era of three-dimensional modelling, physical models, as Fanny Léglise reminds us, thanks to their ductility, their ability to offer themselves as study tools, as icons, patterns, prototypes and much more, reaffirm the nature of what Seymour Papert called 'objects to think with' (Léglise, 2014).

## References

- Abish, W. and Godfrey, M. (2009), *Thomas Demand – Nationalgalerie*, Steidl Mack, Berlin.
- Chillida, E. (2010), *Lo spazio e il limite – Scritti e conversazioni sull'arte*, Christian Marinotti Edizioni, Milano.
- Codognato, M. (2007), *Whiteread*, Electa, Milano.
- Colomina, B. (2006), "Media as a modern Architecture", in Colomina, B. and Kluge, A., *Thomas Demand*, Serpentine Gallery, London and Schirmer/Mosel Verlag, Munich, pp. 19-48.
- Cortés, J. A. (2018), "Construir el molde del espacio. Concepto y experiencia espaciales en la arquitectura de Francisco y Manuel Aires Mateus | Building the Mould of Space. Concept and Experience of Space in the Architecture of Francisco and Manuel Aires Mateus", in *El Croquis*, n. 154+186, pp. 214-235.
- De Giovanni, G. and Sposito, C. (2019), "Dettagli d'autore. Dal disegno manuale dei grandi maestri a quello digitale delle Archistar | Master's details. From handmade drawing of the great masters to the digital drawing of Starchitects", in *Techne*, n. 18, pp. 99-109. [Online] Available at: doi.org/10.13128/techne-7516 [Accessed 15 April 2020].
- Demand, T. (2011), *Model Studies*, Ivorypress, London.
- Elser, O. and Cachola Schmal, P. (2012), *Das Architektur Modell – Werkzeug, Fetisch, Kleine Utopie / The Architectural Model – Tool, Fetish, Small Utopia*, Deutsches Architekturmuseum and Verlag Scheidegger & Spiess AG, Frankfurt am Main-Zürich.
- Guilherme, P. and Rocha, J. M. (2013), "Architectural Competitions as lab – A study on Souto de Moura's competition entries", in Andersson, J., Bloxham Zettersten, G. and Rönn, M. (eds), *Architectural Competitions – Histories and Practice*, The Royal Institute of Technology and Rio Kulturkooperativ, Hamburgsund, pp. 159-191. [Online] Available at: dspace.uevora.pt/rdpc/bitstream/10174/8872/1/Architectural%20competition.pdf [Accessed 15 April 2020].
- Gulinello, F. and Mucelli, E. (2019), *Modelli – Costruire lo spazio / Models – Buiding the space*, Lettera Ventidue, Siracusa.
- Kofler, A. and Léglise, F. (2014), "Entre outil de conception et objets fétiches: la maquette à l'épreuve des agences | Design tool and favourite object: models put to the test", in *L'Architecture d'Aujourd'hui*, n. 404, pp. 30-43.
- Léglise, F. (2014), "Edito", in *L'Architecture d'Aujourd'hui*, n. 404, p. 2.
- Lucrezio (2003), *De Rerum Natura*, IV Libro.
- Marcoci, R. (2005), *Thomas Demand*, The Museum of Modern Art, New York. [Online] Available at: www.moma.org/documents/moma\_catalogue\_116\_300173025.pdf [Accessed 4 February 2020].
- Moon, K. (2005), *Modeling Messages – The architect and the model*, The Monacelli Press, New York.
- Moretti, L. (1952-53), "Strutture e sequenze di spazi", in *Spazio*, n. 7, pp. 9-20, 107-108.
- Mucelli, E. (2019), "Il modello e l'espressione dello spazio: le forme del vuoto", in Gulinello, F. and Mucelli, E., *Modelli – Costruire lo spazio / Models – Buiding the space*, Lettera Ventidue, Siracusa, pp. 40-83.
- Nys, R. (2015), "Facsimile, Verisimilitud y Simulacro | Facsimile, Verisimilitude and Simulacra", in *Essentials – David Chipperfield Architects*, Avisa, Madrid, pp. 25-35.
- Tuñon, E. (2018), "Una conversación con Manuel y Francisco Aires Mateus | A conversation with Manuel and Francisco Aires Mateus", in *El Croquis*, n. 154+186, pp. 238-261.
- Zevi, B. (1960), *Architectura in nuce*, Istituto per la collaborazione culturale, Venezia.
- Zevi, B. (1948), *Saper vedere l'architettura – Saggio sull'interpretazione spaziale dell'architettura*, Einaudi, Torino.

## IL MEGAFORMALISMO DELL'ABITARE

Genealogia e prerogative di un potenziale morfo-tecnotipo

## MEGAFORMALISM OF LIVING

Genealogy and prerogatives of a potential morpho-technotype

Oscar E. Bellini, Marianna Arcieri

### ABSTRACT

La ricerca di nuove forme per l'abitare condiviso, capaci di fronteggiare le molteplici criticità ambientali e sociali del pianeta, sta spingendo a ripensare le convenzionali modalità dello stare insieme. In questo contesto, la Megaforma abitativa appare come un dispositivo contingente di intervento che, in alternativa ad altre soluzioni, quali la casa individuale, il cluster abitativo (il quartiere residenziale) e l'edificio alto, può integrare e/o sostituire la città tradizionale. Il contributo ripercorre la genealogia e le prerogative di questo inusuale morfotipo, non riconducibile a nessuna classificazione tipologica convenzionale, ipotizzandone la riscoperta e la riproposizione anche in chiave empirica, a partire dall'indispensabile ripensamento dei principi del nostro vivere con gli altri, nella convinzione che, per sopravvivere nelle città che abbiamo irreversibilmente trasformato, dobbiamo imparare a pensare in un modo nuovo.

The research for new forms of shared housing, able to face the multiple environmental and social criticalities of the planet, is driving to rethink the conventional ways of living together. In this context, the Megaform appears as a contingent intervention device that, as an alternative to other solutions, such as the individual houses, the cluster housing, and the tall buildings, can integrate and/or replace the traditional city layout. The contribution traces the genealogy and prerogatives of this unusual morphotype, not attributable to any conventional typological classification, assuming its rediscovery and re-proposition also in an empirical key, starting from the indispensable rethinking of the principles of our living with others, in the belief that to survive in the cities that we have irreversibly transformed, we must learn to think in a new way.

### KEYWORDS

megaforma abitativa, macroedificio, megastruttura, morfo-tecnotipo, edificio aperto

residential megaform, macro building, megastructure, morpho-technotype, open building

**Oscar Eugenio Bellini**, Architect and PhD, is an Associate Professor of Architecture Technology at the Department of Architecture Construction Engineering and Construction Environment of the Polytechnic of Milano (Italy), where he carries out research with a particular interest in the new forms of shared and university housing. Mob. +39 338/73.94.362 | E-mail: oscar.bellini@polimi.it

**Marianna Arcieri** is a Teaching Assistant at the Engineering and Applied Sciences Department at University of Bergamo (Italy). She carries out research in the field of new forms of shared housing with specific reference to those for the students and the third age. Mob. +39 349/68.75.858 | E-mail: marianna.arcieri@polimi.it

I primi decenni del nuovo Secolo hanno segnato il ritorno del tema della casa, o, per meglio dire, della questione dell'abitare, interpretata nelle molteplici manifestazioni, inclusa la Megaforma abitativa. Una modalità dello stare insieme di grande suggestione e fascino, che ha saputo contrassegnare tappe rilevanti non solo nell'evoluzione del vivere condiviso, ma anche nei modi d'intendere e concepire la società. L'assunzione dei principi dello sviluppo sostenibile, il blocco dell'insostenibile urban sprawl, il contenimento del consumo di suolo, l'aumento della popolazione del pianeta, il diritto di ogni individuo alla casa, quale condizione per la stabilità sociale, nonché la ricerca di architetture sempre più resilienti sembrano riattualizzarne le prerogative morfo-tecnologiche. Queste immanenti criticità della contemporaneità potrebbero essere affrontate, sia sul piano del progetto sia su quello teorico, anche recuperando quanto di valido la Megaforma è in grado di esprimere. Prerequisito, perché ciò accada, è ripensare le convenzionali forme dello stare con gli altri, riscoprendo e riattualizzando gli studi sui paradigmi di complessità, incertezza, plurifunzionalità e mixité, ecc., per provare a teorizzare una possibile alternativa alla città tradizionale.

**Le prime manifestazioni** | Le prime manifestazioni del Magaformalismo possono essere rintracciate nei 'grandes ensembles' francesi. Più che oversize, si presentano, a metà degli anni '30, come cluster di organismi puntuali caratterizzati dalla presenza di altre destinazioni d'uso. Vogliono essere un deterrente al consumo di suolo e uno strumento non solo per governare lo sviluppo della città, ma anche un morfo-tecnotipo per razionalizzare i costi di costruzione: un sistema di 'mass housing' per fornire abitazioni adeguate alle classi operaie (Samonà, 1966). I paradigmi di progetto sono la rottura del tessuto urbano di prossimità, la forma delle costruzioni a 'tours' e a 'barres', l'insediamento con almeno 500 alloggi, il finanziamento pubblico e l'impiego di soluzioni ripetibili con previsione di servizi e attrezzature per la residenza (Vieillard-Baron, 2004). Complessi over size erano già stati ipotizzati sin dall'Ottocento, in risposta agli assunti cooperativistici delle community utopistiche. Megaforme in nuce, primordiali per un abitare condiviso, che comprendono il Familansterio di Charles Fourier, progettato per ospitare circa 1.600 persone, il Familisterio dell'industriale francese Jean Baptiste André Godin, per una comunità basata sull'integrazione tra capitale e lavoro, fino alla Ceresco Long House di Phalanx del 1844, nel Wisconsin, per i seguaci delle idee socialiste di Fourier.

Più convincenti appaiono le esperienze anglosassoni degli anni '50 e '60, quando la Megaforma inizia le politiche di social housing, al punto che, nell'immaginario collettivo, queste silenti 'icone' del Brutalismo Internazionale si trasformano nel simbolo della volontà statale di 'giving houses to the people' (Banham, 1976; Fig. 1). Nel volgere di pochi anni si realizzano numerosi mega layout urbani basati su progetti a larga scala che prevedono l'interazione fra funzioni, strutture e infrastrutture: la Spatial City di Yona Friedman a Parigi, il progetto Tokyo Bay

di Kenzo Tange in Giappone e in Europa, la Tetrahedral City di Buckminster Fuller e la Plug-In City degli Archigram (Cook, 1968). Interventi ambivalenti: da un lato caratterizzati da una mixité di funzioni e lontani dalla volontà di trasformare l'assetto urbano e i tradizionali modelli abitativi, dall'altro meteore altamente auto-referenziali ed estranianti, innovative nel linguaggio e negli aspetti costruttivi (Fig. 2). Fra gli anni '60 e '80, il potenziale della Megaforma viene sperimentato anche in Italia, con una serie d'interventi di edilizia residenziale pubblica per far fronte alla richiesta di abitazioni a basso costo. Contenitori accomunati dal venir meno della 'misura' tradizionale dell'abitare, definiti da una complessa interazione tra sistemi di distribuzione, soluzioni di mobilità, funzioni e servizi: 'landmark' che segnano il paesaggio urbano periferico (Fig. 3).

Rifuggendo da definizioni assolutistiche o onnicomprensive, i paradigmi che connotano la Megaforma abitativa a scala internazionale, almeno negli aspetti caratterizzanti e assiomatici, possono essere i seguenti: elevata densità abitativa, ragguardevole numero di abitanti (500/1.500), moltiplicazione dello spazio disponibile, dismisura nelle superfici complessive, unicum irripetibile per forma e tecnica, poliedrica varietà di tipologie a simulare la complessità urbana, mix articolato di funzioni, autosufficienza, autonomia funzionale, assenza di spazialità preordinate, identità e riconoscibilità rispetto all'edificio alto. A questi aspetti se ne aggiungono altri: autonomia rispetto al contesto, assenza di un predeterminato progetto urbano, immediata riconoscibilità iconica, esibizione muscolare dell'azzardo della tecnica e del dato strutturale, segno topografico risoluto nel paesaggio e caratterizzazione figurativa 'purovisibilista'.

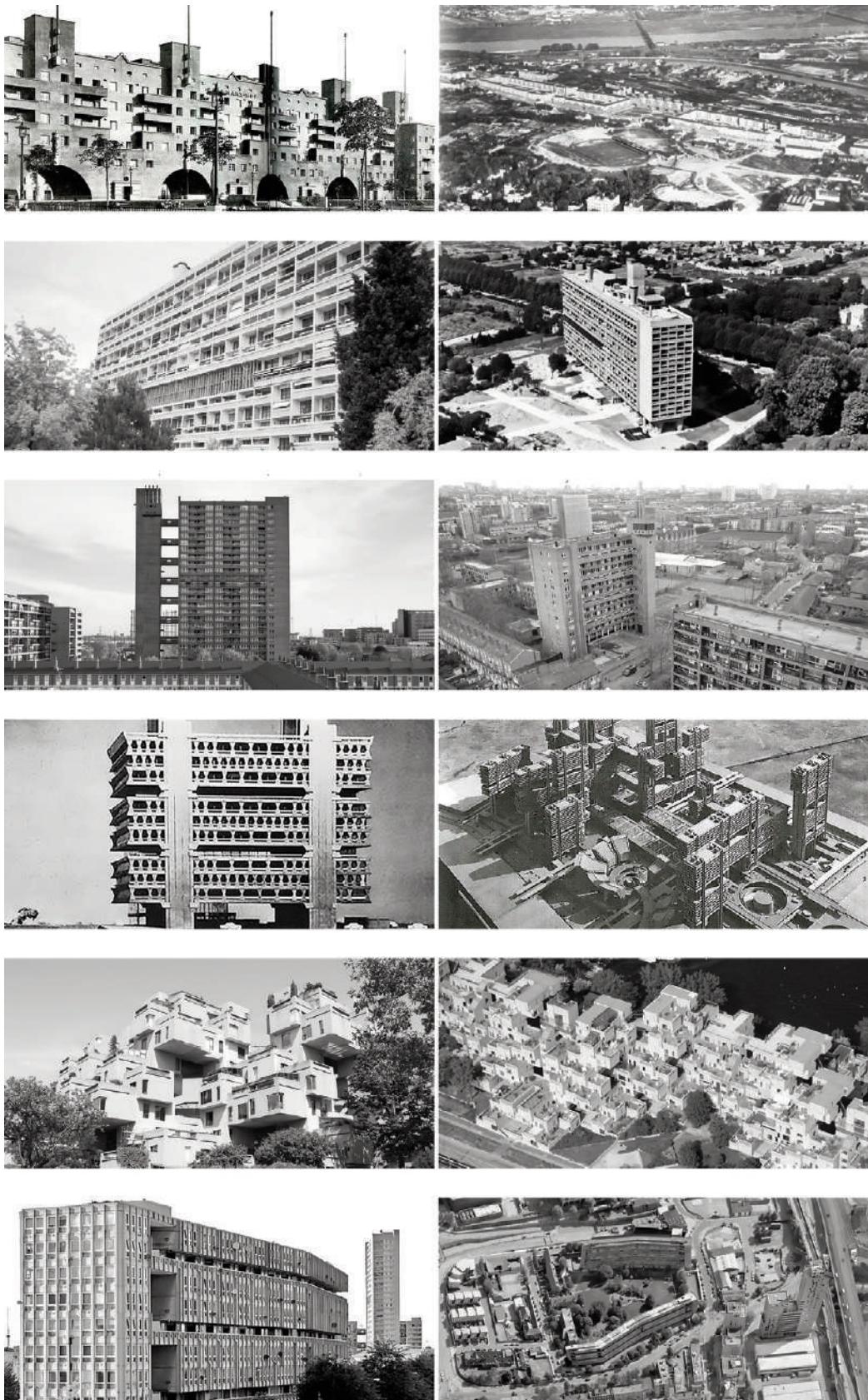
Manifestazioni altamente sofisticate sul piano progettuale, dalla ricerca tipologica e tecnico-costruttiva, che esplorano, a livelli scalari, i temi della flessibilità, della mixité funzionale e sociale, dell'innovazione tecnologica e, non ultima, la ridefinizione dei rapporti di condivisione sociale fra utenti. Un'innovazione progettuale e processuale che coinvolge contestualmente il microcosmo della singola cellula abitativa e la macro-scala dell'organismo edilizio, per provare a oltrepassare le forme di privatizzazione domestica e 'super individualità' della contemporaneità. Le sperimentazioni sul morfotipo della Megaforma, nel traghettare la convenzionale 'misura' dell'abitare collettivo, si sono troppe volte esaurite nei soli indicatori dimensionali, eludendo la potenziale ricchezza di questo modello. Una superficialità a volte indotta da una lettura puramente ideologica e/o sociologica, che persevera nell'associare queste infrastrutture ai temi del degrado sociale e culturale, negandone le potenzialità per un abitare 'diverso', soprattutto alla luce delle attuali sfide ambientali.

**Prodromi teorici e assunti** | Il termine Megastruttura può essere fatto risalire a una corrispondenza dell'aprile 1962 fra Fumihiko Maki e Jaap Bakema sull'*'Investigations in Collective Form'* (van Rooyen, 2018), dove la Megastruttura appare come possibile alternativa alla città: «[...] the megastructure is a large structure in

which all the functions of the city or parts of the city are contained. [...] In a sense, it is a manmade feature of the landscape» (Maki and Ohtaka, 1964, p. 8). In verità, in un articolo su *L'Architecture d'Aujourd'hui* del 1935, l'urbanista Maurice Rotival, per primo, aveva utilizzato il termine Megaforma: un neologismo in contrapposizione alla 'lèpre pavillonnaire' (la lebbra suburbana) che stava portando all'incontrollata espansione delle città francesi (Bertho, 2014). Un altro contributo interessante su questo riorientamento culturale viene pubblicato da Alison Smithson (1974) – *The Violent Consumer, or Waiting for the Goodies* – che propone il raggiungimento della fiducia nella fratellanza, per consentire alla società di frammentarsi e dividersi liberamente in compartimenti, e poter poi raggrupparsi autonomamente.

Sono maturi i tempi per cui gli spazi dell'abitare incorporino principi di trasformabilità, ma soprattutto di flessibilità. La *Forme Ouverte dans l'Architecture – L'Art du Grand Nombre*, saggio di Oscar Hansen pubblicato sul n. 1/1961 del *Carré Bleu*, diventa l'anno alla forma aperta, il centro delle ricerche dei Metabolism e del Groupe d'Étude sur l'Architecture Mobile, trasformatosi nelle teorie sugli 'spazi nomadi', che interpretano la flessibilità come espressione della contemporaneità e indagano le interazioni tra i mutamenti dello spazio urbano, le questioni etiche e quelle ambientali. Sul piano della teoria, il tema viene ripreso sul finire degli anni Settanta da Ralph Wilcoxen, nella prefazione al libro dal titolo *A Short Bibliography on Megastructures*, che indaga il tema in termini di fattibilità costruttiva, così da superarne la semplice identità immaginifica e promuoverne la realizzabilità: «[...] not only a structure of great size, but [...] also a structure which is; frequently: constructed of modular units; capable of great or even 'unlimited' extension; a structural framework into which smaller structural units (for example, rooms, houses or other small buildings of other sorts) can be built – or even 'plugged-in' or 'clipped-on' – after having been prefabricated elsewhere; a structural framework expected to have a useful life much longer than that of the smaller units which it might support» (Wilcoxen, 1968, p. 2).

Nel saggio *Großformen im Wohnungsbau* del 1966, Oswald Mathias Ungers, riconoscendo all'architettura l'essere la sola disciplina in grado di avere un impatto morfologico sulla città, si interroga sugli aspetti morfologici e figurativi della Großformen: «Only when a new quality arises from beyond the mere sum of individual parts, and a higher level is achieved, does a Großformen arise. The primary characteristic is not numerical size. A small house can just as well be a Großformen as a housing block, a city district or an entire city» (Ungers and Mühlthaler, 1966, p. 110). Per sostenere il suo ragionamento, indagato anche didatticamente, Ungers si affida a quattro categorie interpretative: «The existence of an over-accentuated element; The existence of an additional binding element; The existence of figure and theme; The existence of a system or an ordering principle» (Ungers and Mühlthaler, 1966, p. 6) che nella Großformen corrispondono ad altrettanti temi progettuali: Street, Plateau, Wall e



**Fig. 1** | The first 'built' experiences of the 60s and 70s: 'Karl Marx Hof' in Wien by K. Ehn, 1926-1930; 'Unites d'Habitation' in Marseilles by Le Corbusier, 1947-1952; 'Balfron Tower' in London by E. Goldfinger, 1965; 'Dentsu Building' in Tokyo by K. Tange, 1961-1967; 'Habitat 67' in Montreal by M. Safdie, 1964-1967; 'Robin Hood Gardens' in London by A. and P. Smithsons, 1968-1972 (credits: Bildarchiv Austria, Steve Cadman, fondationlecorbusier, Eva Blue, Studio Graetz).

Tower. I primi due paradigmi sono funzionali, mentre gli altri sono formali, in quanto capaci di creare la struttura, l'ordine e lo spazio secondo un processo spontaneo, imprevedibile e non pianificato. Una sorta di architettura parassitaria dello spazio urbano.

Superstudio, in un articolo – Discorsi per Immagini – apparso su Domus nel 1961, ritorna sulle questioni ungeriane, declinandole in suggestivi 'collage' e successivamente in un testo teorico, intitolato Monumento Continuo (Superstudio, 1971). Il tema diventa essenzialmente

linguistico ed espressivo: la ricerca di un 'modello di urbanizzazione totale', una struttura tridimensionale continua, una griglia impossibile e 'neutralizzante' che si estende su tutto il territorio, capace di diventare, appunto, un monumento continuo. L'immaginario evocato dai 'collage' degli architetti radicali «[...] appare come l'unica alternativa alla natura» (Superstudio, 1969, p. 122) e autorizza a immaginare un futuro «[...] in which all architecture will be created with a single act, from a single design capable of clarifying once and for all the motives which have induced man to build dolmens, pyramids, and lastly to trace (last ratio) a white line in the desert» (Lang and Menking, 2003, p. 122). Per Superstudio l'immaginario deve essere prevalentemente tipologico, 'objets trouvés' che agiscono nel paesaggio per essere punti di riferimento, e quindi Großformen. Landmark che segnano e misurano lo spazio fisico e percettivo, come ribadito da Reyner Banham nel libro *Megastructure* dove identifica, con riferimento ai temi strutturali, le categorie dicotomiche fissa/transitoria e primaria/secondaria (Banham, 1976). Si apre il dibattito sulla Open Structure.

Al di là degli assunti teorici, le prime manifestazioni Megaformalisti vengono realizzate in Europa verso la fine degli anni '50 come risultato delle ricerche sull'Affordable Housing, promosse negli anni precedenti in Germania. L'obiettivo è rispondere alla Wohnungsfrage analizzata da Engels (1971), concentrandosi sugli aspetti legati agli standard e sulla qualità abitativa a basso costo. Ricerche che mettono in discussione i modelli tradizionali della residenza collettiva e portano al superamento degli assunti prettamente funzionalisti. L'esigenza è sperimentare soluzioni innovative, architetture che evolvono, crescono e sono flessibili. Alla fine del primo conflitto mondiale alcuni dei grandi Maestri del Moderno avevano iniziato a sperimentare le potenzialità dei 'dinosauri' abitativi. Walter Gropius, Le Corbusier e, soprattutto, Alexander Klein provano a introdurre impianti capaci di garantire all'utente il soddisfacimento dei bisogni primari, senza limitarsi agli indicatori igienico-sanitari (Baffa and Rossari, 1957). L'Existenzminimum diventa il presupposto con il quale ipotizzare manufatti a grande scala, mentre sul piano politico si afferma l'ideologia socialdemocratica, per cui gli uomini sono tutti uguali, indipendentemente dalla classe sociale di appartenenza (Fig. 4).

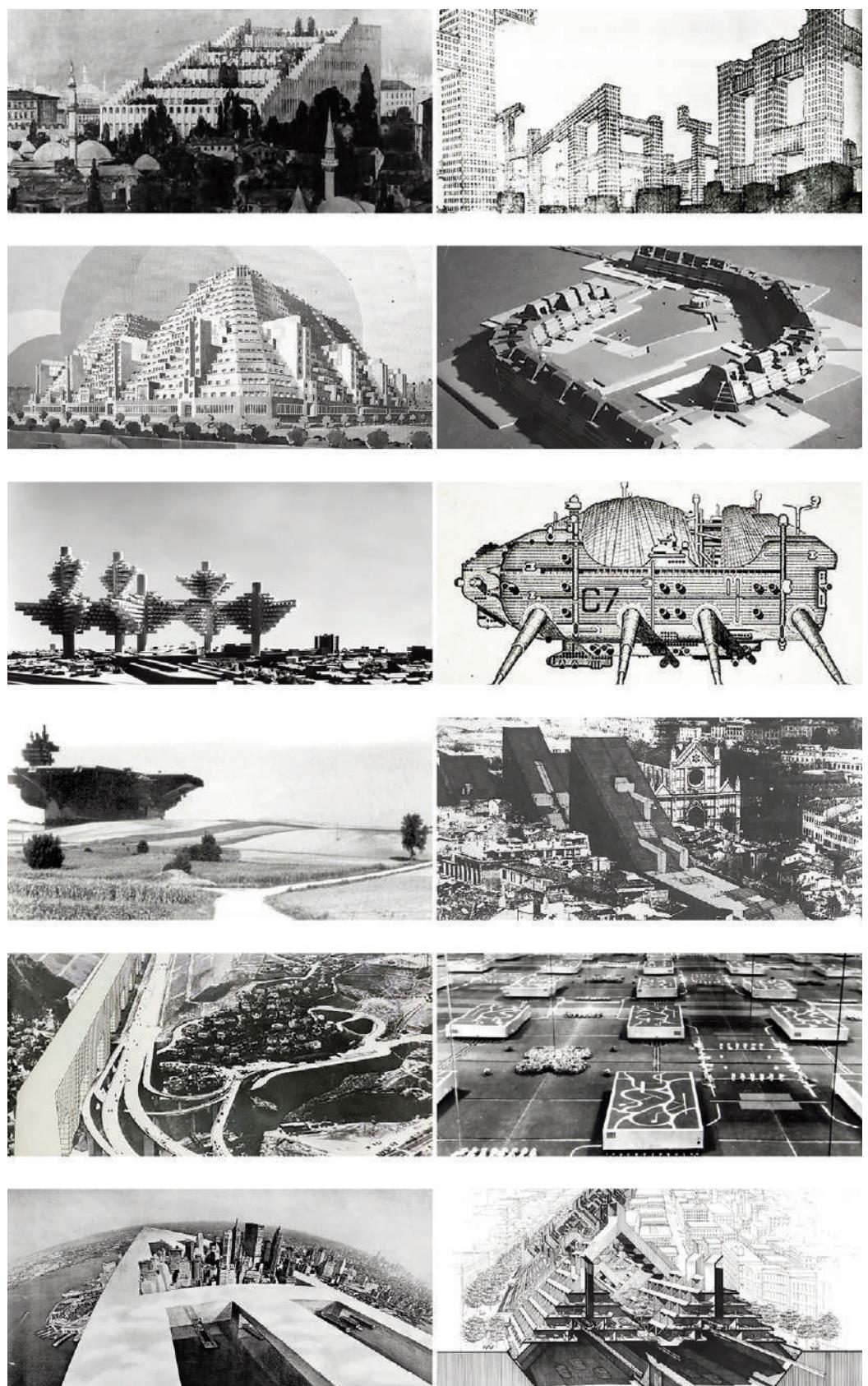
La progettazione della Megaforma si sostanzia a partire dalla cellula abitativa minima, ripetuta per successive aggregazioni e addizione volumetriche (Agnoletto, 2008), anche grazie agli avanzamenti che promuovono un altro fattore: l'introduzione dell'industrializzazione nella costruzione e il contestuale sviluppo di tecniche e sistemi costruttivi basati sulla logica del massimo risultato con il minimo sforzo economico (Fanelli and Gargiani, 2005). Si diffonde una sconsiderata fiducia verso la tecnologia, al punto che si inizia a pensare che la città possa essere riconducibile a un dato meramente meccanico.

Nel 1978 Rem Koolhaas pubblica *Delirious New York – A Retroactive Manifesto for Manhattan*, nel quale descrive la città americana come

un 'arcipelago', una sorta di 'città nella città': per ogni 'isola' sono messi in evidenza i diversi valori e le differenti identità, ma al contempo viene rafforzata l'unità dell'arcipelago come sistema. In questo modello, il 'cambiamento' è insito nei componenti delle isole, che si sviluppano liberamente l'una rispetto all'altra, pur interagendo tra loro. Queste considerazioni sulla frammentazione ricompaiono quattro anni dopo l'articolo di Alison Smithson sulla frammentazione e due anni dopo la pubblicazione di Reyner Banham sulle Megastrutture. Due contributi teorici che hanno fondato l'idea della città nella città, poi ripresa e sviluppata da OMA. Nella sua opera, Koolhaas, riferendosi all'"auto-monumento", identifica nella capacità di riunire le funzioni della città, nell'indeterminatezza del suo piano tipico, il vero modello teorico del grande edificio (Koolhaas, 2002).

Venti anni dopo, nel 1995, Koolhaas pubblica nella versione definitiva S,M,L,XL, descrivendo la teoria della Bigness, della Grande Dimensione, preannunciata da un articolo su Domus (n. 764/1994) dal titolo *Bigness, or the Problem of Large*. La Bigness rappresenta un concetto, la soglia, non solo fisica, oltre la quale non è più possibile parlare di architettura: è l'architettura estrema che diventa generatore di un paesaggio post-architettonico, un veicolo di modernizzazione, capace di ricostruire l'unità e far riemergere la realtà, reinventando il concetto di 'collettivo' per esprimere le massime potenzialità. In un contesto di permanente instabilità, la Bigness costringe architetti e urbanisti a confrontarsi con problemi che richiedono nuovi approcci e strategie risolutive (Koolhaas and Mau, 1995). Nel 1999, Kenneth Frampton, prova a chiudere la serie di contributi teorici proponendo una definizione per punti: «1. A large form expanding horizontally rather than vertically; 2. A complex form which, unlike megastructure, is not necessarily articulated into a series of structural and mechanical subsets as we find for example in the Centre Pompidou; 3. A form capable of inflecting the existing urban landscape as found because of its strong topographical character; 4. A form that is not freestanding but rather insinuates itself as a continuation of the surrounding topography, and last but not least; 5. A form that is oriented towards a densification of the urban fabric» (Frampton, 1999, p. 20).

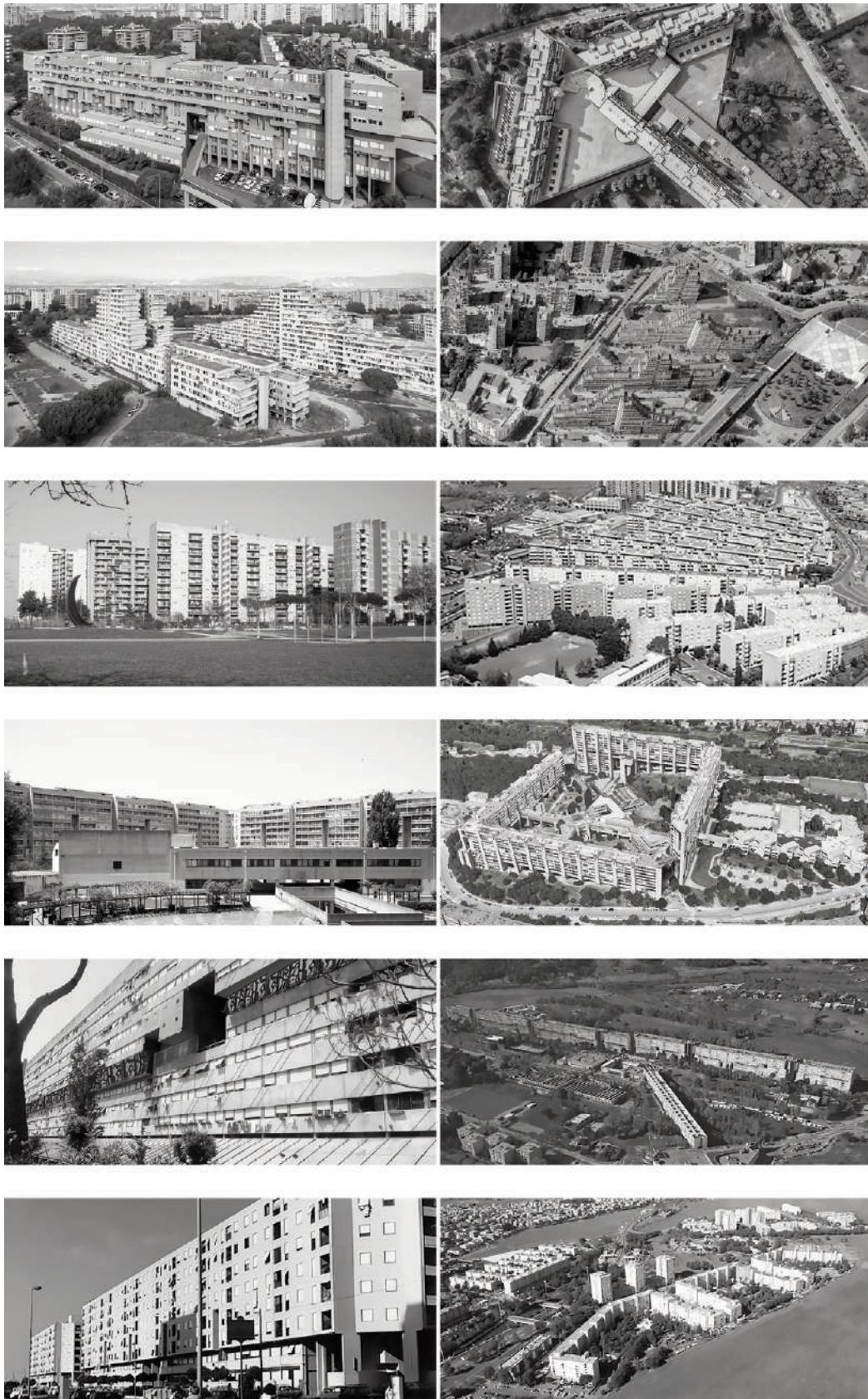
Nonostante i molteplici contributi teorici che ne hanno misurato le potenzialità, nella contemporaneità, si registra l'entrata in crisi di questo morfotipo soprattutto per aspetti riconducibili a questioni economiche e socioculturali: interventi troppo lontani, con pochi servizi, oppure che si trovano a ridosso del centro ma presentano elevati livelli di disoccupazione e degrado sociale e ambientale. Problematiche spesso associate ad altre: oggettiva difficoltà gestionale, disagio abitativo, alto tasso di disoccupazione, elevata concentrazione di soggetti fragili e marginalizzati, ecc. Tutto ciò ha compromesso la qualità e la vivibilità di molti interventi, acuendo il conflitto tra i più deboli, minando la fiducia nelle Istituzioni, mettendo a rischio il tessuto sociale e la stessa possibilità di risollevarsi, così da favorire fenomeni di illegalità, marginalità, disagio, insicurezza e mancanza di integrazione.



**Fig. 2** | The International Utopias, towards the Continuous Monument and the Mobile City: 'House of Friendship' by H. Poelzig, 1916; 'Hellytown' by P. Potaluppi, 1926); 'Metropolis' by H. Sauvage, 1928; 'Boston Bay Project' by K. Tange, 1959; 'City in the Air' by A. Isozaki, 1962; 'Walking City' by Archigram, 1964; 'Aircraft Carrier City' by H. Hollein, 1964; 'Linear City' by Zsigurat, 1969; 'Continuous Monument' by Superstudio, 1969; 'No-Stop City' by Archizoom Associati, 1970; 'Continuous Monument' by Superstudio, 1971; 'Manhattan Expressway' by P. Rudolph, 1972 (credits: Studio Branzi).

Sul piano insediativo si acuisce l'irrisolto tema della qualità degli spazi pubblici e semi-pubblici presenti in questi interventi, dove società e città si incontrano e il privato diventa pubblico e il pubblico si apre al privato. Ap-

paiono, prima qui che altrove, i segni più gravi della crisi attuale sui temi dello spazio pubblico, minacciati da mille tentativi di privatizzazione e mercificazione (Gibelli and Salzano, 2006). Non ultimi sono gli aspetti connessi alla qualità



**Fig. 3** | The Megaforms housing of Italian ‘domesticity’: ‘Galleratese Quarter, Monte Amiata Housing’ in Milan by A. Rossi and C. Aymonino, 1967-1974; ‘Vele Scampia’ in Naples by F. Di Salvo, 1962-1975; ‘Casilino Quarter’ in Rome by L. Quaroni, 1965-1974; ‘Rozzol Melara Quarter’ in Trieste by C. Celli, L. Celli and D. Tognon, 1968-1982; ‘Corviale’ in Rome by M. Fiorentino, 1975-1984; ‘Tor Bella Monaca’ in Rome by P. Barucci, 1980-1983 (credits: Daniel Annenkov, Vulcanica Architettura, MIBAC, Kallipolis, Repubblica, Acer, Italiasera).

paesaggistica delle periferie, la questione della conurbazione e il problema del consumo di suolo: un imperativo reso urgente dalla molteplicità di implicazioni politiche, economiche e sociali che l’urban sprawl sta producendo e

rispetto al quale permane scarsa sensibilità e consapevolezza<sup>1</sup> (Bonora, 2015).

**Da dove ripartire: contenuto vs contenitore** | L’edificio Hyper-Size potrebbe ritornare a

essere un interessante contenitore sociale, in sostituzione delle forme tradizionali dell’abitare, che oggi appaiono in difficoltà nel rispondere adeguatamente ai problemi globali della città contemporanea. Pur rimanendo manifestazioni limitate per numero, le Megaforme continuano a preservare potenzialità non completamente esplorate: a partire dall’indiscusso fascino, all’essere oggetti dalla forte tensione iconografica, sintesi di concetti ipersensibili e manifestazioni capaci d’interpretare la complessità del vivere contemporaneo, utili nella ricerca di equilibrio fra opposti (indeterminatezza/specificità, fissità/transitorietà, permanenza/temporaneità, durata/precarietà, individuale/collettivo, artificiale/spontaneo, individuale/comunità ecc.).

Perché ciò accada è necessario che, nell’immaginario collettivo, si superi la visione della Megaforma come entità incompiuta, invivibile, inadatta a esprimere l’identità di un luogo, non in grado di travalicare la ineludibile autoreferenzialità di ingombrante oggetto (Havik, Patteeuw and Teerds, 2011). Soluzioni spesso interpretate riduttivamente come soluzioni che enfatizzano il solo dato ingegneristico, tramite una ‘statica muscolare’ o connotate da espressività monumentale con nostalgici rimandi a visioni naturaliste o utopistiche. Interventi che esplorano il regno dell’*objet trouvé*, per offrire un piano neutro, dove accogliere programmi indeterminati, condensare numeri elevati di utenti e includere la molteplicità delle funzioni e delle attività del vivere e abitare contemporaneo. Allo stesso tempo non perdono la loro carica innovativa, diventando potenziali soluzioni per disegnare scenari urbani inediti e far fronte, da un lato, alle emergenze planetarie come plausibili alternative all’occupazione e alla privatizzazione del suolo e all’uso razionale dell’energia, dall’altro, sintesi fra ammassamento/disgregazione, concentrazione/dispersione, identità/anonimato, segno/disolamento.

Un ritorno al Neomonumentalismo nell’abitare che sta conducendo a proliferazioni eterogene e disarticolate soprattutto ad opera di alcune archistar, le quali stanno utilizzando questa manifestazione per disegnare gli scenari della città del terzo millennio, tramite architetture ‘misurabili’ con semplici indicatori geometrico-spaziali, come ribadito nel lungo titolo del libro degli MVRDV (2005), Three-dimensionality can be seen as architecture’s fundamental existence, the profession’s acclaimed domain – In times of globalization and scale enlargement, an update of this definition seems needed: meters turn in kilometers, M3 becomes KM3 – Excursions on Capacities (Fig. 5).

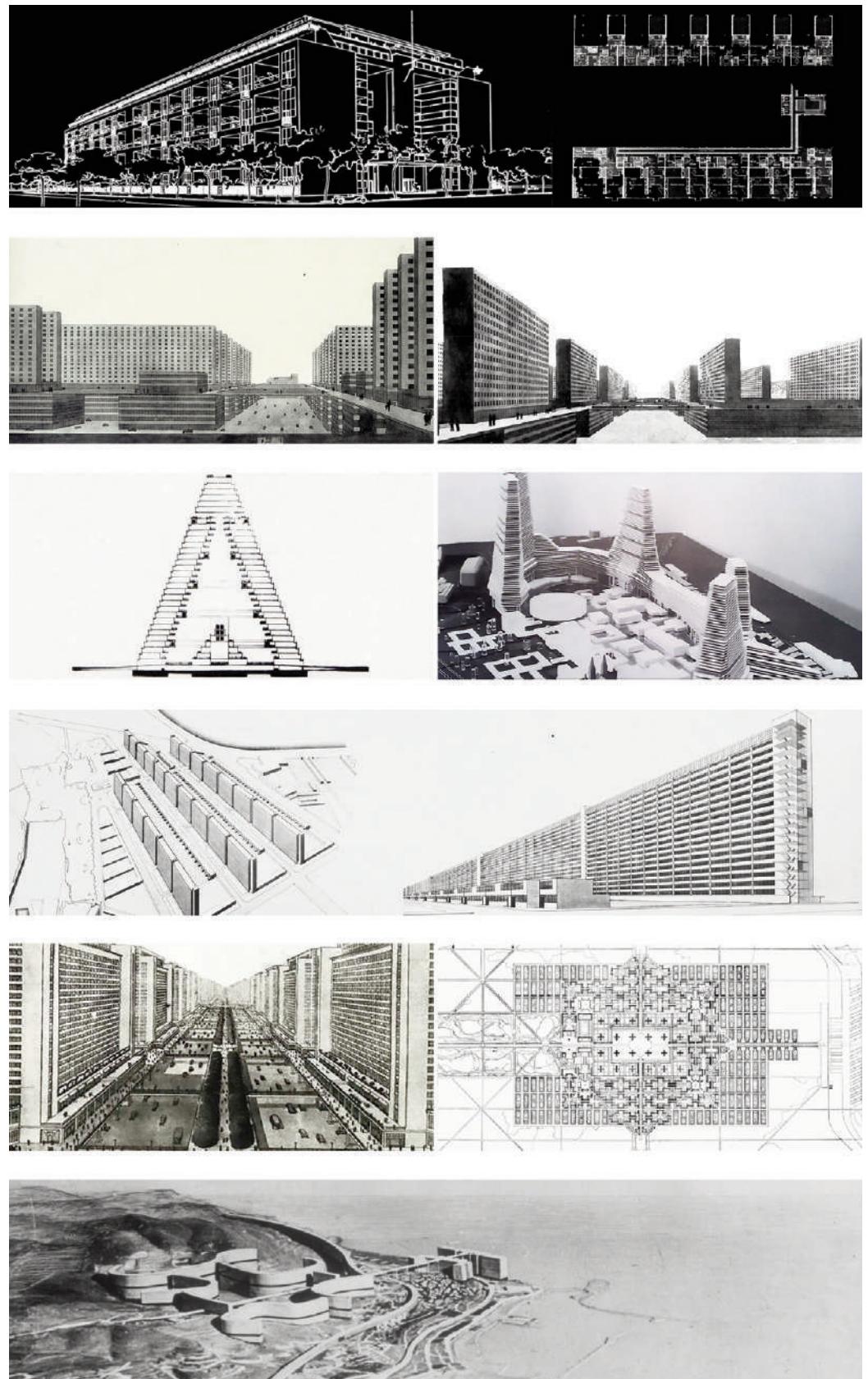
Manifestazioni che sovvertono i tipici assunti dell’abitare indiviso, introducendo paradigmi quali concentrazione, identità, collettivismo, multifunzionalità, socialità, flessibilità, trasformabilità, indeterminatezza, ecc., ma ancora incapaci di assumere il ruolo che Françoise Choay (1986) definisce di ‘testi instauratori’ di una teoria, e quindi non in grado di costruire in seno alla disciplina un’attrezzatura concettuale autonoma e indipendente. Al punto di farci domandare se oggi permanga un interesse concreto e reale verso il rinnovamento tipologico dell’abitare sociale del futuro oppure esistano semplicemente risposte contraddittorie. Se a Londra le

Streets in the Sky del Robin Hood Gardens, progettate dagli Smithson, sono state considerate un disastro sociale che ne ha prodotto la demolizione, per quale ragione si deve considerare ‘interlace’, la Megaforma residenziale extralusso proposta a Singapore da Ole Scheeren e OMA, nominata World Building of the Year 2015 al World Architecture Festival?

L’equivoco si nasconde fra le pieghe di una evidente incoerenza: prima di costruire contenitori, è necessario lavorare sui contenuti, per cui la priorità diventa costruire una nuova cultura dell’abitare collettivo. Se Aristotele sosteneva che ‘non si può essere felici da soli’, la nostra società da troppo tempo ha rinunciato al desiderio vitale di stare insieme e di beneficiare di quella misteriosa energia sprigionata da una comunità quando prendono corpo i legami che saldano persone e cose, luoghi e identità, interessi e sentimenti. Tutto continua a ruotare attorno all’io, escludendo il noi, e l’egoismo è diventato la principale leva dei nostri comportamenti individuali e collettivi. L’egoismo, per quanto radicato nei cromosomi dell’uomo, non può funzionare come bussola di una civiltà, e l’architettura dovrebbe sapersene fare carico, perché, come auspicava Albert Brisbane (1840, p. 363): «When men are associated and united, one vast and elegant edifice, will replace hundreds of the isolated and miserable constructions of civilization». Un progetto socioculturale prima che formale e costruttivo, da basare su un’incessante ricerca di apofania, nel senso attivo di volontà di stabilire a ogni scala dell’abitare non solo coraggiose visioni estetico-formali e abili politiche territoriali ma soprattutto legami e dialoghi relazionali.

In attesa che ciò accada, si sperimentano nuove possibilità, come è in qualche modo avvenuto con il Linked Hybrid di Steven Holl a Pechino (2003-2009): un centro residenziale sostenibile con oltre 650 alloggi, piscina, centro fitness, spazi commerciali, aree verdi, scuole, un cinema e spazi comuni, un vero e proprio quartiere-eco. Una Megaforma di torri collegate da ponti sospesi, che nel loro ‘prendersi per mano’, come nel celebre dipinto La Danza di Matisse, non si chiude, ma appare perfettamente permeabile e fruibile da tutti i cittadini, non solo al piano terra ma anche in quota, tra il dodicesimo e il diciottesimo piano. Posto in prossimità del centro storico di Pechino e dimensionato per 2.500 ospiti, il Linked Hybrid quanto meno interpreta in modo corretto e avanzato i più stringenti temi dell’abitare la grande dimensione: sostenibilità ambientale, innovazione tecnologica, risparmio energetico, non edificio ‘oggetto’, ma un pezzo di città: una città aperta dentro la città.

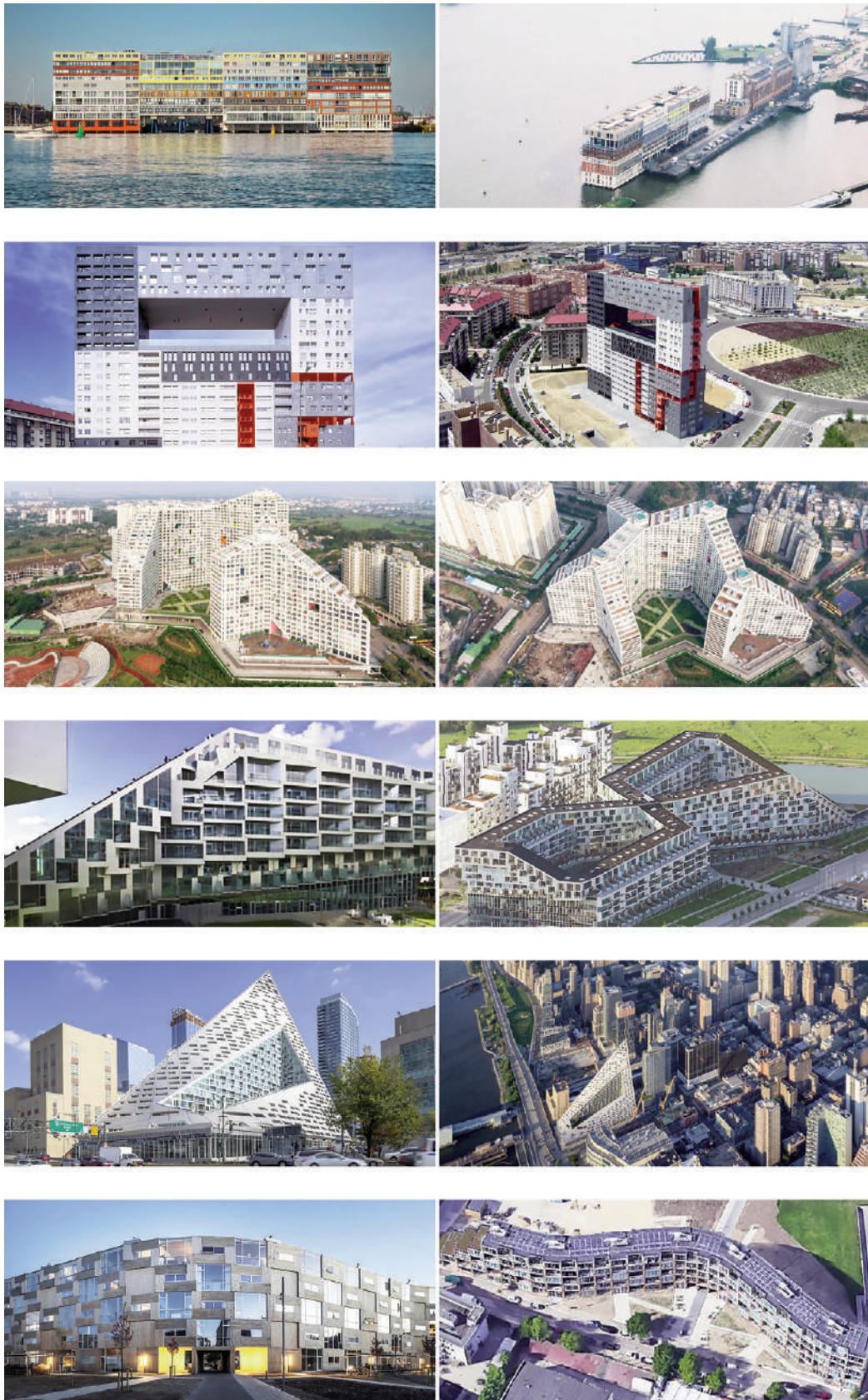
Un altro esempio virtuoso è rappresentato dal Vanke Center di Shenzhen, sempre in Cina (2006-2009), un grattacielo orizzontale progettato anche in questo caso da Steven Holl. Un complesso affiancato da una serie di sterramenti verdi, a rappresentare le quattro età dell’uomo, e specchi d’acqua, per integrarsi al paesaggio. Un’architettura Leed Platinum, alimentata da pozzi geotermici e ponti aerei che ospitano, oltre a residenze multiple, servizi come piscina, sala fitness, caffetteria e galleria. L’obiettivo è esprimere un’aspirazione sociale



**Fig. 4** | The ‘Dinosaurs’ of the pre and post Modern Movement: ‘Immeubles Villas’ by Le Corbusier, 1922; ‘Vertical City’ by L. Hilberseimer, 1924; ‘Wohnberge Project’ by W. Gropius and F. Möller, 1928; ‘The Spandau Haselhorst Housing’ by M. Breuer, 1928; ‘Ville Radieuse’ by Le Corbusier, 1930; ‘Plan Obus’ in Algiers by Le Corbusier, 1930 (credits: US-Modernist, Syracuse University Libraries).

e collettiva, un’architettura isolata ma di tutti, in una città sempre più privatizzata. Una Megastruttura sospesa appena al di sotto del limite di altezza di 35 metri, che consente di generare un ampio spazio verde continuo aperto al pubblico (Fig. 6).

Manufatti potenzialmente infiniti, da reinventare collettivamente dal basso, attraverso reti di condivisione e processi incrementali e resilienti (Tesoriere, 2019). Oggetti partecipi e partecipati dalle comunità, verso le quali si devono generosamente aprire, in modo da risco-



**Fig. 5** | The 'containers' of the contemporary in search of content: 'Silodam' in Amsterdam by MVRDV, 2003; 'Mirador' in San-chinarro by MVRDV, 2005; 'Future Towers' in Pune by MVRDV, 2018; '8 House' in Copenhagen by Bjarke Ingels Group, 2006; 'Via 57 West' in New York by Bjarke Ingels Group, 2016; 'Dortheavej Residence' in Copenhagen by Bjarke Ingels Group, 2018 (credits: MVRDV, Ossip van Duivenbode, Jens Lindhe, Iwan Baan, Danica O. Kus, Iwan Baan, Rasmus Hjortshoj).

pre e inventare nuove spazialità e dar vita a modi innovativi di lavorare, vivere e interagire con l'altro (Figg. 7-10). Architetture per definizione non finite o stabili, fatte di 'support' e 'infill' (Habraken, 1972), in perpetuo divenire,

ideate collettivamente, bottom-up, senza essere aprioristicamente pianificate, partecipate dalla società civile a cui si affidano per essere veri spazi di libertà e democrazia, argini alle oscillazioni e alle tante crisi di questi tempi.

Manifestazioni con cui lanciare un nuovo messaggio politico a una società chiamata a credere nella sperimentazione architettonica come processo di dialogo e momento di ricerca e riscoperta della qualità dello spazio, quale entità da tutelare, rinnovare e creare per migliorare la qualità di vita. Tutto ciò evitando l'errore di cadere nella negazione di ogni dimensione urbana e umana, come purtroppo sembra essere già accaduto nel distopico paesaggio urbano di Dubai (Aglieri Rinella, 2019).

The first decades of the new century marked the return of the theme of the house, or, better, of the issue of housing, interpreted in multiple manifestations, including the Megaform. A highly suggestive and fascinating way of being together, which has been able to mark relevant milestones, not only in the evolution of shared housing but also in the ways of understanding and conceiving the society. The assumption of the principles of sustainable development, the blocking of unsustainable urban sprawl, the containment of land consumption, the world population growth, the right of every human being to housing, as a condition of social stability, as well as the continuous research of increasingly resilient architectures seem to ritualize their morpho-technological prerogatives. These immanent criticalities of contemporaneity could be faced both on the project and on the theoretical level, and by recovering the valiant concepts that the Megaform can offer. A prerequisite, for that to happen, is to rethink the conventional forms of being with others, rediscovering and updating the studies about the paradigms of complexity, uncertainty, multi-functionality and mixité, etc., to try to theorize a possible alternative to the traditional city.

**The first manifestation** | The French 'grandes ensembles' represent the first manifestations of Magaformalism. Rather than oversized, in the mid-1930s, they presented themselves as clusters of specific organisms characterized by the presence of other intended uses. They want to be a deterrent to soil consumption and a tool not only to govern the development of the city but also a morpho-technotype to rationalize construction costs: a 'mass housing' system to provide adequate housing for the working classes (Samonà, 1966). The design paradigms are the breaking point of the urban neighbourhood, the shape of 'tours' and 'barres' buildings, the settlement with at least 500 accommodations, public funding and the use of repeatable solutions with the provision of services and equipment for the residence (Vieillard-Baron, 2004). Oversized complexes had already been hypothesized since the Nineteenth century, as a response to the cooperative principles of the utopian communities. Megaforms, briefly, from their primordial idea of shared housing, such as Charles Fourier's *Falansterio*, designed to accommodate around 1,600 people, or the *Familistero* of the French industrialist Jean Baptiste André Godin, for a community based on the integration between capital and work, and the *Ceresco Long House* in *Phalanx*, 1844, in Wis-

consin, for followers of Fourier's socialist ideas.

More appealing are The Anglo-Saxon experiences of the 1950s and 1960s, when the Megaform introduces the housing policies, to the point that, in the collective imaginary, these silent 'icons' of International Brutalism are turned into the symbol of community's will of 'giving houses to the people' (Banham, 1976; Fig. 1). Within few years, numerous mega-urban layouts based on large-scale projects were created, which provide the interaction between functions, structures and infrastructures: the Spatial City of Yona Friedman in Paris, the Tokyo Bay project by Kenzo Tange in Japan and Europe, Buckminster Fuller's Tetrahedral City and Archigram's Plug-In City (Cook, 1968). Ambivalent interventions: on one side characterized by a mixture of functions and far from the will of transforming the urban layout and traditional housing models, on the other highly self-referential and alienating meteors, innovative both in the language and in construction features. (Fig. 2). Between the years 1960s and 1980s, the potential of Megaform was also experienced in Italy, with a series of public housing projects to meet the request of low-cost buildings. Canisters that share the disappearance of the traditional 'measure' of housing, defined by a complex interaction between distribution systems, mobility solutions, functions and services: 'landmarks' that characterize the peripheral urban landscape (Fig. 3).

Avoiding absolutist or all-embracing definitions, the paradigms that characterize the residential Megaform on an international scale, at least in the characterizing and axiomatic aspects, could be the following: high population density, considerable number of inhabitants (500/1,500), multiplication of available space, excess of the overall surfaces, being unique in shape and technique, multifaceted variety of typologies to simulate urban complexity, articulated mix of functions, self-sufficiency, functional autonomy, absence of preordained spatiality, identity and recognizability compared to the tall building. Other aspects are added: autonomy with respect to the context, absence of a predetermined urban project, immediate iconic recognition, exhibition of the bold technique and structure, a topographical sign that solve the landscape and 'purovisibilistic' figurative characterization.

Highly sophisticated buildings on the design level, from typological and techno-constructive research, which explore, at scalar levels, the themes of flexibility, functional and social mixité, technological innovation and, last but not least, the redefinition of social sharing relationships between users. A design and process innovation that simultaneously involves the microcosm of the individual living cell and the macro-scale of the building organism, to try to go beyond the forms of domestic privatization and 'super individuality' of the contemporary. The experiments on the morphotype of Megaform, in reaching the conventional 'measure' of collective living, were too often exhausted in the only dimensional indicators, eluding the potential richness of this model. A superficiality sometimes induced by a purely ideological and/or sociological reading, which perseveres in asso-



**Fig. 6** | Best practices of contemporaneity: 'Linked Hybrid' in Beijing by Steven Holl Architects, 2009; 'Vanke Center' in Shenzhen by Steven Holl Architects, 2009 (credits: Steven Holl Architects, Shu He, Iwan Baan).

ciating these infrastructures with the themes of social and cultural degradation, denying their potential for a 'different' housing, especially in light of the current environmental challenges.

**Theoretical and assumed principles** | The term *Megastructure* first appeared in a corre-

spondence between Fumihiko Maki and Jaap Bakema back to April 1962, on *Investigations in Collective Form* (van Rooyen, 2018), where the *Megastructure* appears as a possible alternative to the city: «[...] the megastructure is a large structure in which all the functions of the city or parts of the city are contained. [...] In a

sense, it is a manmade feature of the landscape» (Maki and Ohtaka, 1964, p. 8). Actually, in an article in *L'Architecture d'Aujourd'hui* of 1935, the urban planner Maurice Rotival was the first to use the term *Megaform*: a neologism opposed to the 'lèpre pavillonnaire' (suburban leprosy) that was leading to the uncontrolled expansion of French cities (Bertho, 2014). Another interesting contribution to this cultural re-orientation was published in 1974 by Alison Smithson – *The Violent Consumer, or Waiting for the Goodies* – that proposes the achievement of trust in brotherhood, to allow society to fragment and freely divide into compartments, and then be able to group independently.

It is time for the living spaces to incorporate principles of transformability but above all of flexibility. *La Forme Ouverte dans l'Architecture – L'Art du Grand Nombre*, an essay by Oscar Hansen published in *Carré Bleu* n. 1/1961, becomes the hymn to open form, the centre of research by Metabolism and the Groupe d'Étude sur l'Architecture Mobile, transforming itself into the theories of 'nomadic spaces', which interpret flexibility as an expression of contemporary life and investigate the interactions between changes in urban space, ethical and environmental issues. On the level of theory, the theme is taken up again in the late seventies by Ralph Wilcoxen, in the preface to the book entitled *A Short Bibliography on Megastuctures*, which investigates the theme in terms of constructive feasibility to overcome its simple imaginative identity and promote its feasibility: «[...] not only a structure of great size, but [...] also a structure which is; frequently: constructed of modular units; capable of great or even 'unlimited' extension; a structural framework into which smaller structural units (for example, rooms, houses or other small buildings of other sorts) can be built – or even 'plugged-in' or 'clipped-on' – after having been prefabricated elsewhere; a structural framework expected to have a useful life much longer than that of the smaller units which it might support» (Wilcoxen, 1968, p. 2).

In the essay titled *Großformen im Wohnungsbau* of 1966, Oswald Mathias Ungers, recognizing architecture as the only discipline capable of having a morphological impact on the city, questions the morphological and figurative aspects of *Großformen*: «Only when a new quality arises from beyond the mere sum of individual parts, and a higher level is achieved, does a *Großformen* arise. The primary characteristic is not numerical size. A small house can just as well be a *Großformen* as a housing block, a city district or an entire city» (Ungers and Mühlthal, 1966, p. 110). To support his reasoning, also investigated educationally, Ungers relies on four interpretative categories: «The existence of an over-accentuated element; The existence of an additional binding element; The existence of figure and theme; The existence of a system or an ordering principle» (Ungers and Mühlthal, 1966, p. 6) which in *Großformen* correspond to as many project themes: Street, Plateau, Wall e Tower. The first two paradigms are functional, while others are formal, insofar as they are capable to create structure, order and space according to a spontaneous, unpredictable and unplanned process. A sort of parasitic architecture of urban space.

Superstudio, in an article – *Discorso per Immagini* – appeared in *Domus* (1961), goes back to ideas of Ungers, declining them in suggestive 'collages' and subsequently in a theoretical text, entitled *Continuous Monument* (Superstudio, 1971). The theme becomes essentially linguistic and expressive: the search for a 'total urbanization model', a continuous three-dimensional structure, an impassive and 'neutralizing' grid that extends over the whole territory, capable of becoming, in fact, a continuous monument. The imagery evoked by the 'collages' of radical architects «[...] appears as the only alternative to nature» (Superstudio, 1969, p. 122) and authorizes to imagine a future «[...] in which all architecture will be created with a single act, from a single design capable of clarifying once and for all the motives which have in-

duced man to build dolmens, pyramids, and lastly to trace (last ratio) a white line in the desert» (Lang and Menking, 2003, p. 122). For Superstudio, the imagery must be predominantly typological, 'objets trouvés' which act in the landscape to be points of reference, and therefore *Großformen*. Landmarks that mark and measure physical and perceptual space, as reiterated by Reyner Banham in the book *Megastructure* where he identifies, regarding structural themes, the dichotomous categories fixed/transient and primary/secondary (Banham, 1976). The debate on the Open Structure starts.

Beyond the theoretical assumptions, the first *Megaformalist* examples were built in Europe in the late 1950s, as research result on Affordable Housing, promoted in previous years in Germany. The aim is to respond to the *Wohnungsfrage* analysed by Engels (1971), focusing on aspects related to standards and low-cost housing quality. Researches that question the traditional models of collective residence and leads to the overcoming of purely functionalist assumptions. The need is to experiment with innovative solutions, architectures that evolve, grow and are flexible. At the end of the World War I, some of the Great Masters of the Modern era had begun to experiment with the potential of 'dinosaurs'. Walter Gropius, Le Corbusier and, above all, Alexander Klein try to introduce systems capable of guaranteeing for the user the satisfaction of primary needs, without limiting themselves to hygienic-sanitary indicators (Baffa and Rossari, 1957). Existenzminimum becomes the premise with which to hypothesize large-scale artefacts, while on the political level the social-democratic ideology is affirmed, for which men are all equal, regardless of the social class they belong (Fig. 4).

The design of the *Megaform* is based on the minimum housing unit, repeated for subsequent aggregations and volumetric addition (Agnoletto, 2008), thanks also to the advances that promote another factor: the introduction



Fig. 7 | 'Dubai Renaissance' in Dubai by OMA, 2006 (credits: OMA).

of industrialization in construction and the simultaneous development of techniques and construction systems based on the logic of maximum results with minimum economic effort (Fanelli and Gargiani, 2005). A reckless trust in technology spreads, to the point that it is possible to start thinking that the city can be traced back to a merely mechanical data.

In 1978 Rem Koolhaas published *Delirious New York – A Retroactive Manifesto for Manhattan*, in which he describes the American city as an 'archipelago', a sort of 'a city within the city': for each 'island' identities are highlighted but, at the same time, it is strengthened the concept of the archipelago as a system. In this model, the 'change' is inherent in the components of the islands, which develop independently from each other, while interacting with each other. These considerations on fragmentation reappear four years after in Alison Smithson's article on fragmentation and two years after in Reyner Banham's publication on *Megastructures*. Two theoretical contributions that founded the idea of city within the city, later taken up and developed by OMA. In his work, referring to the self-monument, Koolhaas identifies the true theoretical model of the large building in the ability to bring together the functions of the city, in the indeterminacy of its typical plan (Koolhaas, 2002).

Twenty years later, in 1995, Koolhaas in the definitive version S,M,L,XL, describes the theory of Bigness, of the Large Dimension, foretold in an article on Domus (n. 764/1994) entitled *Bigness, or the Problem of Large*. Bigness represents a concept, the threshold, not only physical, beyond which it is no longer possible to speak of architecture: it is the extreme architecture that becomes the generator of a post-architectural landscape, a vehicle for modernization, capable of reconstructing unity and bring reality back, reinventing the concept of 'collective' to express its maximum potential. In a context of permanent instability, Bigness forces architects and urban planners to deal with problems that require new approaches

and solution strategies (Koolhaas and Mau, 1995). In 1999, Kenneth Frampton tries to close the series of theoretical contributions by proposing a definition by points: «1. A large form expanding horizontally rather than vertically; 2. A complex form which, unlike megastructure, is not necessarily articulated into a series of structural and mechanical subsets as we find for example in the Centre Pompidou; 3. A form capable of inflecting the existing urban landscape as found because of its strong topographical character; 4. A form that is not free-standing but rather insinuates itself as a continuation of the surrounding topography, and last but not least; 5. A form that is oriented towards a densification of the urban fabric» (Frampton, 1999, p. 20).

Despite the multiple theoretical contributions that measured its potential, in the contemporary world, this morphotype is in crisis, especially for aspects attributable to economic and social-cultural issues: interventions too far away, with few services, or that are close to the centre but have high levels of unemployment and social and environmental degradation. Problems often associated with others: objective management difficulties, housing problems, high unemployment rate, high concentration of fragile and marginalized subjects, etc. All this has compromised the quality and livability of many interventions, intensifying the conflict between the weakest, undermining trust in the institutions, jeopardizing the social fabric and the very possibility of recovering, thus favouring phenomena of illegality, marginality, unease, insecurity and lack of integration.

On the settlement level, the unsolved theme of the quality of the public and semi-public spaces present in these interventions are heightened, where society and city meet and the private becomes public and the public opens to the private. The most serious signs of the current crisis on the issues of public space appear, here earlier than elsewhere, threatened by a thousand attempts at privatization and commodification (Gibelli and Salzano, 2006).

Last but not least, there are the aspects related to the landscape quality of the suburbs, the question of the conurbation and the problem of land consumption: an imperative made urgent by the multiplicity of political, economic and social implications that urban sprawl is producing and for which little sensitivity and awareness remain<sup>1</sup> (Bonora, 2015).

**Where to start: content vs container** | The Hyper-Size building could return to be an interesting social container, to replace the traditional forms of living, which today seems difficult to adequately respond to the global problems of the contemporary city. While remaining limited in number, Megaforms continue to preserve potentialities that have not been fully explored: starting from the undisputed charm, to being objects with strong iconographic tension, synthesis of hypersensitive concepts and manifestations capable of interpreting the complexity of contemporary living, useful in the search for balance between opposites (indeterminacy/specifity, fixity/transience, permanence/temporariness, duration/precariousness, individual/collective, artificial/spontaneous, individual/community, etc.).

In order for this to happen, it is necessary to overcome, in the collective imagination, the vision of Megaform as an unfinished, unlivable entity, unsuitable for expressing the identity of a place, unable to overcome the unavoidable self-reference from a bulky object (Havik, Patteeuw and Teerds, 2011). Solutions often interpreted reductive as solutions that emphasize engineering data alone, through 'muscle statics' or characterized by monumental expressiveness with nostalgic references to naturalistic or utopian visions. Interventions that explore the realm of the 'objet trouvé', to offer a neutral plan, where to welcome indeterminate programs, condense large numbers of users and include the multiplicity of functions and activities of contemporary housing and living. At the same time, they do not lose their innovative charge, becoming potential solutions to design unprecedented urban scenarios and, on the one hand, to face plane-



Fig. 8 | 'Hyperbuilding' in Bangkok by R. Koolhaas, 2009 (credits: OMA, Hans Werleman).



**Fig. 9** | 'Lilypad. Floating ecopolis for climate refugees' by Vincent Callebaut Architectures, 2008-2017 (credits: Vincent Callebaut Architectures).

tary emergencies as plausible alternatives to the occupation and privatization of the soil and the rational use of energy, synthesis between amassment/disintegration, concentration/dispersion, identity/anonymity, sign/dissolution.

A return to Neomonumentalism in housing that is leading to heterogeneous and disjointed proliferations especially by some Archistar, who are using this event to draw the manifestations of the city of the third millennium, through 'measurable' architectures with simple geometric-spatial indicators, as reiterated in the long title of the MVRDV book (2005), Three-dimensionality can be seen as architecture's fundamental existence, the profession's acclaimed domain – In times of globalization and scale enlargement, an update of this definition seems needed: meters turn in kilometers, M3 becomes KM3 – Excursions on Capacities (Fig. 5).

Manifestations that subvert the typical assumptions of undivided housing, introducing paradigms such as concentration, identity, collectivism, multifunctionality, sociality, flexibility, transformability, indeterminacy, etc., but still unable to take on the role that Françoise Choay (1986) defines as 'texts initiators' of a theory, and therefore unable to build an autonomous and independent conceptual equipment within the discipline. To the point of making us ask if today there is a concrete and real interest in the typological renewal of the social housing of the future or there are simply contradictory answers. If in London the Robin Hood Gardens' Streets in the Sky, designed by the Smithsons, were considered a social disaster that led to their demolition, why should it be considered 'interlace', the ultra-luxury residential Megaform proposed in Singapore by Ole Scheeren and OMA, named World Building of the Year 2015 at the World Architecture Festival?

The misunderstanding is hidden in the folds of an evident inconsistency: before building containers, it is necessary to work on the contents, so that the priority becomes building a new culture of collective living. If Aristotle argued that 'one cannot be happy alone', our

society for too long has renounced the vital desire to be together and to benefit from that mysterious energy released by a community when the bonds that connect people and things take shape, places and identities, interests and feelings. Everything continues to revolve around the self, excluding 'us', and selfishness has become the main lever of our individual and collective behaviour. Selfishness, however deeply rooted in human chromosomes, cannot function as the compass of a civilization, and architecture should be able to take charge of it, because, as Albert Brisbane hoped (1840, p. 363): «When men are associated and united, one vast and elegant edifice, will replace hundreds of the isolated and miserable constructions of civilization». A socio-cultural project rather than formal and constructive, to be based on an incessant search for apophony, in the active sense of willingness to establish at every scale of housing, not only courageous aesthetic-formal visions and skilful territorial policies but, above all, bonds and relationship dialogues.

Waiting for this to happen, new possibilities are being tested, as happened in some way with Steven Holl's Linked Hybrid in Beijing (2003-2009): a sustainable residential centre with over 650 accommodations, swimming pool, fitness centre, commercial spaces, areas greens, schools, a cinema and common spaces, a real eco-neighbourhood. A Megaform of towers connected by suspension bridges, which in their 'taking hands', as in the famous painting La Danza by Matisse, does not close, but appears perfectly permeable and usable by all citizens, not only on the ground floor but also in altitude, between the twelfth and eighteenth floors. Located near the historic centre of Beijing and sized for 2,500 guests, the Linked Hybrid at least correctly and advanced interprets the most striking themes of living the large dimension: environmental sustainability, technological innovation, energy saving, not an 'object' building, but a piece of the city: a city open within the city.

Another virtuous example is represented by the Vanke Center in Shenzhen, also in China (2006-2009), a horizontal skyscraper designed, again, by Steven Holl. A complex flanked by a series of green dirt roads, representing the four human ages, and bodies of water, to integrate into the landscape. A Leed Platinum architecture, powered by geothermal wells and suspension bridges which host, in addition to multiple residences, services such as swimming pool, fitness room, cafeteria and gallery. The goal is to express a social and collective aspiration in an increasingly privatized city. A megastructure suspended just below the height limit of 35 meters, which allows generating a large continuous green space open to the public (Fig. 6).

Potentially infinite artefacts, to be reinvented collectively from below, through sharing networks and incremental and resilient processes (Tesoriero, 2019). Participating and participatory objects from the communities, towards which they must generously open up, to rediscover and invent new spaces and give life to innovative ways of working, living and interacting with each other (Figg. 7-10). By definition unfinished or stable architectures, made of 'support' and 'infill' (Habraken, 1972), in perpetual evolution, collectively conceived, bottom-up, without being a priori planned, participated by the civil society to which they rely on to be true spaces of freedom and democracy, embankments against the oscillations and the many crises of these times. Manifestations used to launch a new political message to a society called to believe in architectural experimentation as a process of dialogue and a moment of research and rediscovery of the quality of space, as an entity to be protected, renewed and created to improve the quality of life. All this avoiding the error of falling into the denial of every urban and human dimension, as unfortunately seems to have already happened in the dystopian Dubai cityscape (Aglieri Rinella, 2019).



**Fig. 10** | 'Carbon-Absorbing Green Tower' in Taiwan by Vincent Callebaut Architectures, 2010-2019 (credits: Vincent Callebaut Architectures).

## Acknowledgements

The contribution, resulting from a common reflection, is to be attributed in equal parts to Authors.

## Note

1) The EU has set the goal of 'zero consumption' of soil for 2050, to pursue new environmental and social justice and allow new generations to imagine a future (European Parliament and Council, 2013).

## References

- Aglieri Rinella, T. (2019), "Dubai transient city. Anatomia di un fenomeno post-urbano | Dubai transient city. Anatomy of a post-urban phenomenon", in *Agathón / International Journal of Architecture Art and Design*, vol. 6, pp. 80-93. [Online] Available at: doi.org/10.1922/2464-9309/682019 [Accessed 15 May 2020].
- Agnoletto, M. (2008), "Megaforme dell'abitare", in Irace, F. (ed.), *Casa per tutti – Abitare la città globale*, Electa-Triennale di Milano, pp. 137-155.
- Baffa Rivolta, M. and Rossari, A. (eds) (1957), *Alexander Klein – Lo studio delle piante e la progettazione degli spazi negli alloggi minimi – Scritti e progetti dal 1906 al 1957*, Mazzotta, Milano.
- Banham, R. (1976), *Megastructure – Urban Futures of the Recent Past*, Harper & Row Publishers, New York.
- Bertho, R. (2014), "Les grands ensembles", in *Études Photographiques*, n. 31, pp. 1-22. [Online] Available at: journals.openedition.org/etudesphotographiques/3383 [Accessed 15 April 2020].
- Bonora, P. (2015), *Fermiamo il consumo di suolo – Il territorio tra speculazione, incuria e degrado*, Il Mulino, Bologna.
- Brisbane, A. (1840), *Social Destiny of Man: or, Association and Reorganization of Industry*, C. F. Stollmeyer, Philadelphia. [Online] Available at: babel.hathitrust.org/cgi/pt?id=hvd.32044009779653&view=1up&seq=23 [Accessed 15 April 2020].
- Choay, F. (1986), *La Regola e il Modello – Sulla teoria dell'architettura e dell'urbanistica*, Officina, Roma.
- Cook, P. (1968), "Indeterminacy – Relaxed Scene", in *Archigram*, n. 8, s/p.
- Engels, F. (1971), *La questione delle abitazioni*, Editori Riuniti, Roma.
- European Parliament and Council (2013), "Decision No. 1386/2013/EU of the European Parliament and of the Council of 20 November 2013 on a General Program of Union Environment Action Program to 2020 Living well within the limits of our planet", in *Official Journal of the European Union*, L354, 28/12/2013, pp. 171-200. [Online] Available at: eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=OJ:L:2013:354:FULL&from=IT [Accessed 15 April 2020].
- Fanelli, G. and Gargiani, R. (2005), *Storia dell'architettura contemporanea – Spazio, struttura, involucro*, Laterza, Bari.
- Frampton, K. (1999), *Megaform as Urban Landscape*, University of Michigan, Ann Arbor. [Online] Available at: taubmancollege.umich.edu/pdfs/publications/map/walnberg1999\_megaform.pdf [Accessed 15 April 2020].
- Gibelli, M. C. and Salzano, E. (eds) (2006), *No sprawl – Perchè è necessario controllare la dispersione urbana e il consumo di suolo*, Alinea, Firenze.
- Habraken, N. J. (1972), *Supports – An Alternative to Mass Housing*, The Architectural Press, London.
- Hansen, O. (1961), "La forme ouverte dans l'architecture – L'art du grand nombre", in *Le Carré Bleu*, n. 1, pp. 4-5. [Online] Available at: www.lecarrebleu.eu/PDF \_INTERA%20COLLEZIONE%20LCB/FRAPN02\_CA RR\_1961\_001.pdf [Accessed 15 April 2020].
- Havik, K., Patteeuw, V. and Teerds, H. (2011), "Editorial, Productive Uncertainty – Indeterminacy in Spatial Design, Planning and Management | Redactieel Productieve onzekerheid – Het onvoorzien in planning, ontwerp en beheer", in *OASE*, n. 85, pp. 3-6. [Online] Available at: www.oasejournal.nl/en/Issues/85/Editorial-ProductiveUncertainty#003 [Accessed 15 April 2020].
- Koolhaas, R. (2002), *New York Délire – Un Manifeste rétroactif pour Manhattan*, Parenthèses, Marseille.
- Koolhaas, R. (1994), "Bigness, or the Problem of Large", in *Domus*, n. 764, pp. 87-90.
- Koolhaas, R. and Mau, B. (1995), *S,M,L,XL*, The Monacelli Press, New York.
- Lang, P. and Menking, W. (2003), *Superstudio – Life Without Objects*, Skira, Milano.
- Maki, F. and Ohtaka, M. (1964), "Collective Form – Three Paradigm", in Maki, F. (ed.), *Investigations in Collective Form*, Washington University – School of Architecture, Saint Louis, pp. 2-24. [Online] Available at: issuu.com/ethel.baraona/docs/maki\_form [Accessed 15 April 2020].
- MVRDV (2005), *KM3 – Excursions on Capacities*, Actar, Madrid.
- Rotival, M. (1935), "Les Grands Ensembles", in *L'Architecture d'Aujourd'hui*, n. 6, pp. 57-72.
- Samonà, A. (1966), *La nuova dimensione urbana in Francia – I 'grands ensambles' e la modifica della forma della città*, Marsilio, Padova.
- Smithson, A. (1974), "The Violent Consumer, or Waiting for the Goodies", in *Architectural Design*, n. 5, pp. 274-279.
- Superstudio (1971), "Monumento Continuo – Storyboard per un film", in *Casabella*, n. 358, pp. 19-22.
- Superstudio (1969), "Discorsi per immagini", in *Domus*, n. 481, pp. 44-45.
- Ungers, O. M. and Mühlthaler, E. (eds) (1966), *Großformen im Wohnungsbau*, Universitätsverlag der TU, Berlin.
- Tesoriere, Z. (2019) "Dopo la firmatas. Prospettiva metabolista di architetture resilienti | After the firmatas. A metabolist perspective of resilient architecture", in *Agathón / International Journal of Architecture Art and Design*, vol. 6, pp. 58-65. [Online] Available at: doi.org/10.1922/2464-9309/662019 [Accessed 15 May 2020].
- van Rooyen, X. (2018), "Megaform versus Open Structure or the Legacy of Megastructure", in *Megastuctures*, n. 3, pp. 30-49. [Online] Available at: doi.org/10.6092/issn.2611-0075/8515 [Accessed 15 April 2020].
- Vieillard-Baron, H. (2004), "Sur l'origine des grands ensembles", in Dufaux, F. and Fourcaut, A. (eds), *Le monde des grands ensembles*, Créaphis, Paris, pp. 45-61.
- Wilcoxen, R. (1968), *A short bibliography on megastuctures*, Council of Planning Librarians, Monticello.

## SCALA INDIVIDUALE E COLLETTIVA NELLA COMPLESSITÀ DELLO SPAZIO SCOLASTICO

L'esperienza portoghese

## INDIVIDUAL AND COLLECTIVE SCALE IN THE COMPLEXITY OF SCHOOL SPACE

The Portuguese experience

André Santos, Anna Kazimirko, Leonardo Barros

### ABSTRACT

La concezione di uno spazio scolastico contemporaneo non può prescindere da aspetti che richiedono un confronto a scale diverse, aumentando così la difficoltà nell'ottenere risultati sistematici e soprattutto chiari. Soddisfare al contempo i più recenti studi pedagogici, bisogni funzionali e aspirazioni sociali, così come la richiesta di adeguamento alla nuova normativa e la contrazione degli investimenti pubblici, amplifica ulteriormente il livello della sfida dalla quale la politica non può esimersi. Attraverso gli interventi promossi dal Parque Escolar per l'adeguamento dell'edilizia scolastica in Portogallo, il contributo intende attivare riflessioni sul dialogo tra le diverse scale da punti di vista distinti (progettuale, educativo, sociale e impiantistico), ritenendo questa chiave di lettura una risposta paradigmatica e adeguata alla complessità dell'edilizia scolastica.

The conception of the contemporary scholar space requires a whole set of aspects that confront opposite scales, by increasing the complexity of achieving systemic, balanced and, most important, clear results. To both fulfil the most recent pedagogical ideals, the functional needs, the social aspirations, and the incorporation of the (new) legal demands, bearing in mind the public investment restraining policy, it becomes a challenge even bigger, from which the political responsibility cannot stand apart. So, through the intervention developed by Parque Escolar on the grounds of rehabilitation of the scholar buildings in Portugal, it's important to comprehend the dialogue between different scales from distinct environments (programmatic, educational, social and infrastructural), defending this operation as a paradigmatic response to the multi-scale complexity.

### KEYWORDS

edilizia scolastica, rigenerazione, metodologia, complessità, multiscala

school architecture, rehabilitation, methodology, complexity, multiscale

**André Santos**, Architect and PhD, is an Assistant Professor at the Faculty of Architecture, University of Porto (Portugal). Integrated Member of the Architecture and Urbanism Study Centre (CEAU) and Coordinator of the research project Escolas – Complexidade e Interpretação, he is developing several research projects mostly related to school architecture. Mob. +351 917/52.61.28 | E-mail: amsantos@arq.up.pt

**Anna Kazimirko**, Faculty of Architecture, University of Porto (Portugal). Integrated Member of the research project Escolas – Complexidade e Interpretação, currently she is working on the theme of technology and school architecture; the current study is entitled Espaços Escolares e a Integração das (novas) Necessidades Infraestruturais. Mob. +351 914/46.51.71 | E-mail: annakazimirko.projeto@gmail.com

**Leonardo Barros**, Faculty of Architecture, University of Porto (Portugal). Integrated Member of the research project Escolas – Complexidade e Interpretação, currently he is working on the theme of architectural expression and school architecture; the current study is entitled A Imagem da Arquitetura – Impactos e Reflexos Culturais e Identitários. Mob. +351 912/03.58.00 | E-mail: leonardobarros96@gmail.com

Sin dall'inizio del 2007 in Portogallo l'interesse sulle strutture scolastiche si è concentrato principalmente sull'espansione della rete, attraverso la realizzazione di soluzioni tipizzate, standardizzate e di massa (Heitor, 2011), con una politica frutto di diversi momenti di crisi che ha messo in evidenza il bisogno di edilizia e del controllo dei costi, fattori da sempre considerati rilevanti. In questo contesto, la pianificazione strategica si è rivelata inadeguata mentre le politiche di prevenzione e di manutenzione sono risultate pressoché inesistenti, riducendosi a interventi sporadici e non coordinati. Già alla fine del XX secolo, l'edilizia scolastica presentava anomalie di realizzazione, deterioramento fisico e obsolescenza funzionale, incidendo in modo rilevante sul comfort ambientale, sulle attività e sull'involucro (Heitor, 2008). Con l'inizio del nuovo millennio, la politica ha preso coscienza della necessità d'intervenire sull'edilizia scolastica in termini strutturali, funzionali e spaziali, adeguandola ai nuovi bisogni pedagogici e alle recenti normative, e riaffermandone il valore simbolico.

Così nel 2007 il Governo portoghese ha varato il Programa de Modernização das Escolas com Ensino Secundário (PMEES)<sup>1</sup> incentrato soprattutto sulla riqualificazione degli edifici scolastici esistenti. È stato costituito a tal fine il Parque Escolar<sup>2</sup> con l'obiettivo di articolare un Programma di lungo periodo che consentisse di amministrare la gestione di tutti gli edifici scolastici, sia per migliorarne il profilo prestazionale sia per adeguarne la funzione degli spazi ai requisiti introdotti dalle nuove norme e dai modelli pedagogici più attuali (Ministério da Educação, 2006).

La complessità multiscalare degli interventi rispetto alla nuova normativa scolastica ha fatto sì che il PMEES sia stato un'avanguardia nella politica di gestione di altri edifici pubblici in Portogallo. Secondo Anne Taylor (2000), nella ristrutturazione dei plessi scolastici i progettisti devono mettere a punto dei metodi progettuali capaci di analizzare la complessità dei problemi per definire linee guida piuttosto che concentrarsi sulle dicotomie, poiché spesso l'architettura si trova necessariamente a dialogare con più questioni antagoniste che richiedono un confronto a scale talvolta contraddittorie. Infatti, se l'universalità dell'essere Scuola impone una visione macro che mira a salvaguardarne l'essenza generale, la necessità di attuare strategie che valorizzino temi specifici determina un permanente contrasto tra scale e interessi.

Il presente contributo prende quindi spunto dagli interventi realizzati nel nord del Portogallo su 74 Scuole (ESCOLAS – Complexidade e Interpretação<sup>3</sup>) e, a partire dall'ibridazione di temi diversi (progetto, pedagogia, società e impiantistica), avvia riflessioni sulle loro relazioni in termini di connessione, di contrasto o di contaminazione alle diverse scale di progetto.

**Architettura e Programma** | Il PMEES, con la partecipazione di tutti gli attori coinvolti, ha il compito di strutturare il Programma d'intervento e di guidare con un chiaro sistema di obiettivi programmatici il processo di riqualificazione degli edifici scolastici d'istruzione secondaria.

Un primo obiettivo del Programma, rivolto dunque alle strutture esistenti, prevede che le Scuole siano 'riqualificate' mantenendo circa l'80% della costruzione originale; pertanto, in nessuno dei 172 interventi realizzati l'edificio esistente è stato demolito. Questa scelta ha un importante valore pedagogico poiché, da un lato, mira a sensibilizzare sulle opportunità fornite dall'attivazione di processi di riqualificazione, anche su architetture di minor valore patrimoniale e culturale, dall'altro, intende promuovere e alimentare il dibattito sui valori della sostenibilità e dell'ecologia.

Un secondo obiettivo del Programma mira a far sì che gli interventi tengano in debita considerazione le particolarità tipologiche di ciascuno degli edifici scolastici. L'ambizione di dare dignità alla Scuola pubblica è facilmente riscontrabile nei progetti di riqualificazione degli edifici di maggior valore patrimoniale e storico, con interventi che rimodellano il tessuto urbano e restituiscono identità allo spazio pubblico; esempio ne è la Scuola Sá de Miranda (Fig. 1). Interessanti sono anche gli interventi sulle strutture di minore o scarsa qualità costruttiva prodotti dall'attività edilizia degli anni '60, prive di qualità architettoniche e di relazioni con il contesto: in tal senso, la riqualificazione del Progetto Mercúrio<sup>4</sup> è un esempio emblematico. Stesso problema qualitativo e d'integrazione urbana è riscontrabile nelle scuole a padiglione realizzate nei primi anni '80<sup>5</sup>, nelle quali il modulo prefabbricato denominato '3x3' aveva portato a una riduzione della complessità progettuale e a una conseguente diminuzione del numero di spazi specialistici (Parque Escolar, 2012). È stato proprio in occasione della riqualificazione di questa tipologia di edifici che è maturata la consapevolezza che l'anomato e la mancanza di qualità architettonica che li caratterizzavano, così come l'avanzato e diffuso stato di degrado in cui versavano, dovesse essere risolti in favore di una migliore qualità prestazionale, funzionale e spaziale (Fig. 2).

Per promuovere più efficacemente la rigenerazione del patrimonio scolastico, un terzo obiettivo prevede il riavvicinamento tra scuola e città, e la creazione di nuove condizioni di socialità (Monteiro and Santos, 2019). Questo tema assume una particolare rilevanza negli interventi sugli edifici della tipologia '3x3', prevalentemente presenti nelle periferie e al di fuori del tessuto urbano. In questi contesti, la ridefinizione del fronte urbano assume un ruolo prevalente nell'intervento che, in alcuni casi, si estende anche all'intorno: l'intervento sulla Scuola di Rio Tinto (Fig. 3) dimostra come la Scuola possa essere un vettore di riqualificazione, anche simbolica, dello spazio pubblico.

Infine, tra gli obiettivi del Programma non poteva mancare la riqualificazione dell'immagine dell'Istituzione scolastica, da realizzare non solo attraverso un'architettura più attuale, in grado di riportare la Scuola a un universo d'immagini del contemporaneo, ma anche promuovendo un'idea di Scuola del futuro. Quest'ambizione si traduce nell'urgente necessità di adeguare gli spazi scolastici e di dotarli di tecnologie costruttive e impiantistiche rispondenti agli attuali standard di comfort e risparmio energetico, nonché alle sfide pedagogiche

che la società contemporanea impone. In sintesi, come riportano Heitor e Marques Pinto (2012), il PMEES mira a modernizzare le Scuole secondarie pubbliche al fine di migliorare e innovare la qualità e l'uso delle strutture didattiche, per dare attuazione all'agenda educativa del nuovo millennio ma anche per valorizzare le Scuole come 'centro della comunità'.

In relazione agli obiettivi dichiarati è quindi da leggersi l'importanza di questo articolato Programma che si conferma essere un potente strumento metodologico in grado di recepire le istanze di adeguamento e guidare le strategie di gestione degli edifici pubblici. In effetti, la sua essenza strutturata e sistematica, così come la sua visione d'insieme, lo hanno reso paradigmatico nel contesto nazionale, attivando un processo collaborativo di progettazione che acquista un carattere esemplare e contribuisce alla promozione di buone pratiche d'intervento negli edifici scolastici (Heitor, 2009); non a caso gli esperti dell'OCSE hanno elogiato la qualità dell'esperienza portoghese sottolineando come rifletta e superi le migliori pratiche internazionali (Almeida et alii, 2009). Il Programma si completa poi con altri obiettivi di natura pedagogica.

**Architettura e Pedagogia** | I più recenti studi sul rapporto tra architettura e pedagogia concordano nell'affermare che l'ambiente scolastico ha un ruolo significativo nel processo d' insegnamento e d'apprendimento. L'edificio scolastico è molto più che un semplice contenitore: insieme al corpo insegnante, agli studenti e ai loro familiari, esso realizza un vero sistema d'interazione, un ordine complesso su cui l'ambiente fisico interagisce con fattori pedagogici, socio-culturali, curriculari, motivazionali e socio-economici (Ladiana and Lopes, 2018). Alla luce di ciò, appare evidente che all'architettura è delegata la responsabilità di creare quelle condizioni di benessere spaziali e fruitive che favoriscono lo sviluppo del processo di apprendimento. In tal senso, il Programma prevede una significativa riorganizzazione spaziale e funzionale che si traduce in un'inevitabile ristrutturazione degli ambienti (Fig. 4) nel rispetto delle nuove gerarchie richieste dal modello concettuale promosso (Fig. 5) e dell'esigenza d'integrare modalità di apprendimento convenzionali con pratiche pedagogiche basate su attività di gruppo, esplorative e sperimentali (Heitor, 2011). Il modello concettuale si basa su tre principi fondamentali: articolare ambienti funzionali diversi (didattici e non); assicurare le condizioni per una loro funzionalità integrata; aprire alcuni ambienti e funzioni all'uso esterno (Heitor, 2011).

Oltre alla presenza di ambienti riservati alla didattica 'tradizionale' (le aule), basandosi sui principi pedagogici di Maria Montessori<sup>6</sup>, sui risultati delle esperienze maturate sul metodo Montessori<sup>7</sup> e sulle soluzioni spaziali proposte da Herman Hertzberger<sup>8</sup>, il Programma prevede che le aree di circolazione (il connettivo) presentino un certo grado di flessibilità d'uso in cui attivare modalità di apprendimento più informali in grado di attirare l'interesse degli utenti. Nella convinzione che la qualità di un ambiente e l'organizzazione flessibile del suo spazio riescano, nel processo pedagogico, a stimolare

l'impegno, si sono incoraggiati studenti e insegnanti a rimanere più a lungo a scuola e a partecipare ad attività che contribuiscono a promuovere una cultura dell'apprendimento (Heitor, 2008).

In questa prospettiva, il modello del 'learning street', che in alcuni progetti ha assunto configurazioni spaziali diverse – ad esempio il senso della piazza nel caso della Scuola di Rio Tinto (Fig. 6) – è stato determinante per la strategia di riqualificazione degli edifici, soprattutto in scuole a padiglione come quella di Canelas (Fig. 7) che valorizza l'integrazione del nuovo spazio poiché, da un lato evita la dispersione degli utenti, dall'altro supera la mera funzione di spazio per la distribuzione. In altre tipologie edilizie è stato possibile creare dei 'percorsi di apprendimento', come accade nel-



**Fig. 1** | 'Escola Secundária Sá de Miranda' in Braga by Bernardo Távora: new building to enhance and accentuate the importance of the pre-existence in the urban fabric (credit: A. Santos, 2012).

**Fig. 2** | 'Escola Secundária de Rio Tinto' in Gondomar: advanced state of degradation and lack of identity value (credit: R. Mealha, 2008).

**Fig. 3** | 'Escola Secundária de Rio Tinto' in Gondomar by Rui Mealha: school as an active part of the urban dynamic (credit: A. Kazimirk, 2019).

la Scuola Soares dos Reis (Fig. 8), con l'articolazione di nuovi volumi e spazi di distribuzione esistenti.

In aggiunta, l'accoglimento delle istanze di ciascuna comunità scolastica – raggiunto con la partecipazione della dirigenza scolastica<sup>9</sup> al progetto – ha consentito di mettere in rete Istituzione e tessuto produttivo ed economico, secondo una strategia che valorizza l'individualità del progetto educativo di ciascuna Scuola e garantisce la spendibilità del curriculum in ambito nazionale. Delegando al progetto di architettura un'amplificazione della sua complessità, le comunità che ambiscono a scuole pensate per il futuro devono farsi carico di integrare gli obiettivi dell'educazione con quelli della progettazione architettonica (Taylor, 2000).

In questo senso, architettura e pedagogia dialogano in un processo di narrazioni sfacciate e multiscala. Spetta all'architettura attivare una riflessione sulle gerarchie di aspetti di natura sociale e tecnica in grado di veicolare, attraverso un edificio di qualità, il messaggio che tutti gli individui hanno diritto a una buona istruzione – in un ambiente sano, confortevole, sicuro, protetto e stimolante – capace di favorire l'integrazione sociale (OCSE, 2006). Naturalmente le ambizioni del progetto pedagogico aspirano alla partecipazione delle componenti sociali supportate da un contesto di scelte politiche più ampio.

**Architettura e Società** | La Scuola ha un ruolo fondamentale e una grande responsabilità nell'educazione e nel processo di maturazione degli individui. Un progetto pedagogico di qualità deve adeguare il progetto formativo alla promozione del senso di comunità e al contesto sociale di riferimento (Fig. 9). Come spazio di comunità, questa 'altra casa' deve essere sostenuta da un nucleo 'familiare' progressivamente più grande, in quantità e, in particolare, in pluralità, consapevole della responsabilità sociale che gli è propria. Se si desidera che la Scuola sia inclusiva è necessario ridefinire i Programmi per un'istruzione indirizzata a una cittadinanza globale, completa, libera da pregiudizi e che riconosca e valorizzi le differenze (Montoan, 2003).

È importante riconoscere che siamo tutti uguali, in diritti e responsabilità, ma diversi, nell'essere individui, concordando sul fatto che ci sono differenze e ci sono uguaglianze: ognuno ha il diritto di essere diverso quando l'uguaglianza uniforma e il diritto di essere uguale quando le differenze discriminano (Montoan, 2003). La Scuola, nel suo ruolo di Istituzione universale, è il luogo in cui è possibile la costruzione della sensibilità alla responsabilità sociale, alla consapevolezza e all'uguaglianza nella partecipazione (Fig. 10) poiché, come rileva l'UNESCO (1994), dovrebbe accogliere tutti i bambini indipendentemente dalle loro condizioni fisiche, intellettuali, sociali, emotive, linguistiche o di altro tipo.

È indubbio che la Scuola, nella sua azione di affinamento dei programmi formativi e di continua attenzione alle interazioni sociali, abbia avuto un ruolo determinante nel costruire il processo di inclusione in collaborazione con altre scienze, in particolare quella dell'educa-

zione e della psicologia. L'Istituzione scolastica ha dato un contributo indispensabile per contrastare le ingiustizie sociali incoraggiando il senso di complicità, corresponsabilità e consapevolezza al fine di garantire una società più equa. Naturalmente è anche responsabilità della Scuola indagare sulle opzioni e garantire soluzioni adeguate per tutte le comunità, promuovendo la consapevolezza sociale verso l'inclusione.

Il progetto della Scuola, a partire dal programma scolastico, deve dedicare una particolare cura nella distribuzione degli ambienti riservati all'apprendimento tradizionale, come le aule, e degli spazi di carattere più collettivo, poiché essa è soprattutto uno spazio sociale, un luogo di apprendimento, scambio e condivisione di una collettività, non solo un luogo al chiuso dove gli studenti imparano. In questo senso molti degli interventi hanno previsto l'uso pubblico delle palestre, delle biblioteche e delle sale polivalenti, e, adottando dei programmi culturali e formativi aperti sia agli studenti che alla cittadinanza, hanno favorito la crescita intellettuale e umanistica della comunità (Fig. 11).

**Architettura e Impianti** | L'architettura scolastica ha accompagnato la maturazione e l'evoluzione del pensiero critico delle scienze pedagogiche. Quest'intenso dialogo ha prodotto sia interessanti sviluppi dal punto di vista progettuale e funzionale, sia una rinnovata attenzione ai temi sociali. A questo si aggiunge la sfida del XXI secolo sulla sostenibilità ambientale. Le disposizioni giuridiche entrate in vigore a seguito del Protocollo di Kyoto<sup>10</sup>, mutuate dalla legislazione europea alla normativa portoghese tra il 2006 e il 2008, hanno portato a un cambiamento significativo nell'attuale quadro normativo. La tempistica brusca e repentina con cui queste norme si sono dovute applicare ha portato a molte difficoltà nella loro coerente articolazione, a causa di fattori come la novità, l'inesperienza, l'entità delle richieste e, principalmente, i conflitti tra i diversi corsi di studio. La necessaria certificazione dei sistemi di qualità dell'energia e dell'aria, del comportamento termico, dell'accessibilità e della sicurezza antincendio, ha comportato poi inevitabili interventi di adeguamento e di realizzazione di nuovi impianti. Il Programma si è inevitabilmente confrontato con un insieme di normative complesse ma ha risolto la complessità dell'intervento con soluzioni innovative proponendosi come modello da seguire.

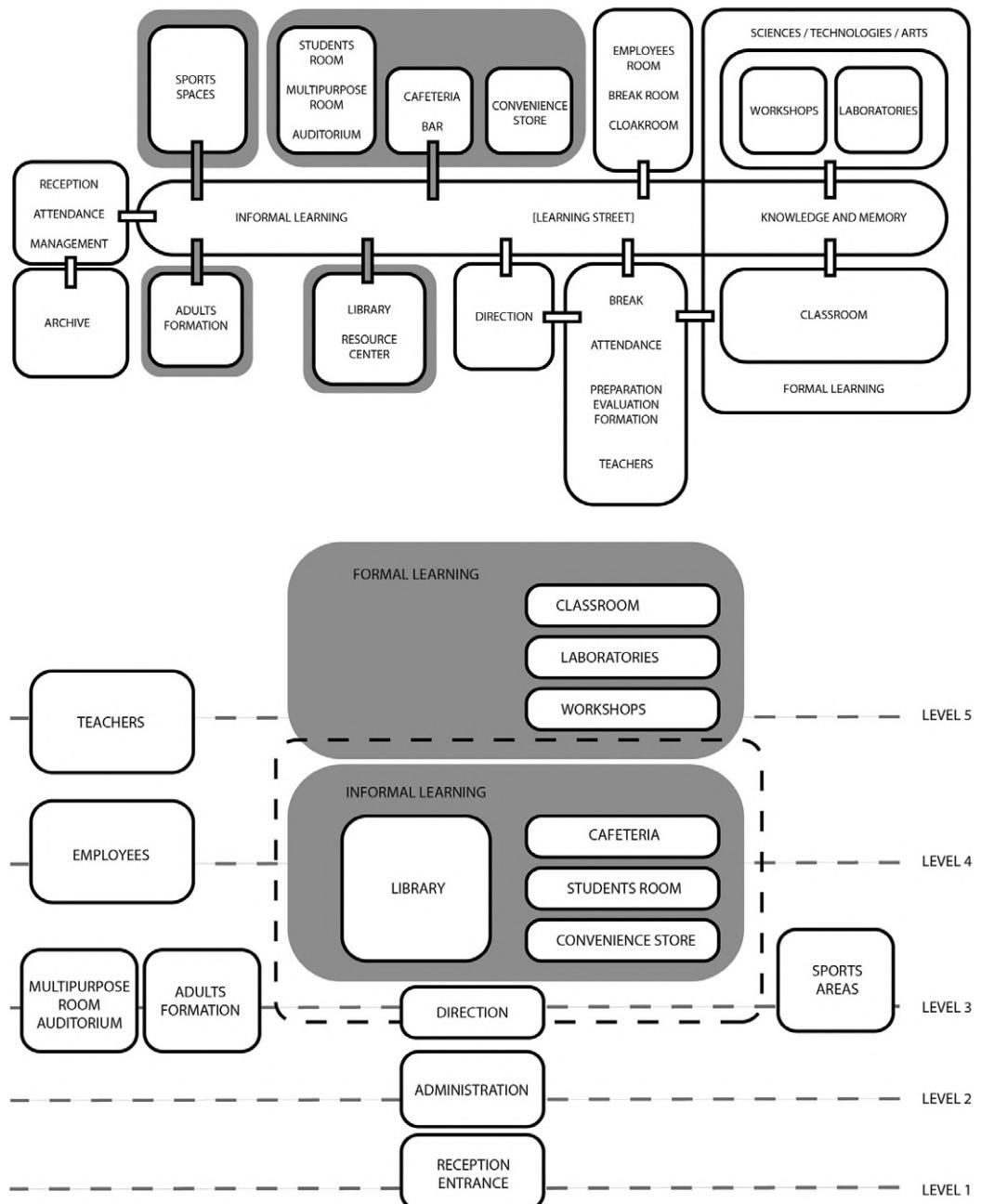
Secondo Kazimirk e Santos (2020) la nuova normativa ha infatti condizionato non poco la caratterizzazione degli spazi imponendo l'inclusione di 'accessori' in edifici già esistenti. Analogamente ai temi del sociale e del pedagogico, quello degli impianti manifesta, nel dialogo tra macro e micro, la propria presenza talvolta con soluzioni di grande visibilità, come nella Scuola di Santa Maria da Feira (Fig. 12). In questo senso, i nuovi impianti – rete complessa di attrezzature – introdotti in edifici preesistenti pongono il problema dell'integrazione tra scale diverse, micro e macro, come nella Scuola Rodrigues de Freitas (Fig. 13), nella quale si riesce a collocarli lungo i corridoi e a celarli

entro un trasportatore metallico, soluzione questa che può essere riscontrata anche nella Scuola Inês de Castro (Fig. 14). Nella stessa Scuola le condizioni specifiche di ogni spazio impongono comunque via via scelte diverse, anche in relazione alla destinazione degli ambienti, aule o connettivo (Fig. 15).

Le soluzioni progettuali non possono quindi essere ricondotte a una strategia tipo che imponga alla macro scala di includere le necessità della micro scala, poiché la condizione di ciascun manufatto è specifica, unica e complessa. È responsabilità dell'architettura trovare equilibrio e coerenza, articolare le diverse scale e le destinazioni che caratterizzano lo spazio, promuovere la sua identità, non trascurando l'eredità delle preesistenze, i vincoli normativi e la 'sensibilità' dei progettisti. Paradossalmente, e dopo che quest'esperienza si è completata, sono risultati evidenti limiti e contraddizioni sui quali sarà necessario riflettere per il futuro, soprattutto in relazione al fatto che i dispositivi normativi della Comunità Europea, pensati per l'insieme degli Stati membri, sono stati adottati senza tenere conto della specificità del contesto climatico, sociale ed economico portoghese, condizionando non poco i costi dell'intervento, anche e soprattutto per gli adeguamenti impiantistici.

**Conclusioni** | Dall'approccio sviluppato, è evidente che la concezione, la realizzazione e l'utilizzo delle architetture scolastiche realizzate nell'ambito del PMEES appaiono come esempi paradigmatici di gestione e di confronto metodologico tra scale diverse di complessità. Il progetto della Scuola contiene in sé un insieme di valenze molto diverse tra loro: il necessario equilibrio tra condizioni globali d'istruzione e benessere (relative a una scala universale e collettiva) e problemi d'inclusione (relativi a una scala locale che richiede strategie specifiche per gruppi sociali diversi) si traduce in un'architettura scolastica in costante confronto tra scale diverse. Se nella scala macro è data attenzione all'impianto complessivo, alla gerarchia degli ambienti e al connettivo, nella piccola scala, invece, le specificità e le esigenze di ogni spazio possono essere risolte affrontando il tema solo da un punto di vista progettuale, pedagogico, sociale e impiantistico.

I risultati raggiunti dal PMEES sono stati resi possibili, all'interno di un processo complesso, con la progettazione di un programma d'azione globale e strutturando strategie in grado di consentire un'azione puntuale in base alle specificità di ciascuna scuola coinvolta. La definizione di un modello concettuale poliedrico, con un'ampia gamma di aree disciplinari coinvolte e una ben definita gerarchia funzionale e spaziale, ha favorito, nel confronto con le specifiche realtà di ciascuna comunità, risposte adeguate e puntuali all'interno di un processo partecipativo. In tal modo, l'obiettivo progettuale di includere la società tutta, garantendole accessibilità alla grande varietà di spazi, è stato tradotto in architetture specifiche per ogni contesto e capaci di promuovere e rafforzare i legami tra la Scuola e ogni rappresentante della comunità. I diversi casi presentati testimoniano inoltre come la complessità dei requisiti



Figg. 4, 5 | Representative schemes of the PMEES: Conceptual Model and Hierarchical Functional Levels, adapted from the original (credits: Parque Escolar, E.P.E., 2007).

prestazionali imposti dalla normativa sia stata risolta in ciascuno degli interventi attraverso un impegnativo esercizio metodologico di gestione del progetto.

Lo spazio scolastico sta vivendo una serie di cambiamenti legati alla specificità di programmi, didattica e metodologie di insegnamento; è ormai dimostrata l'impossibilità di promuovere soluzioni progettuali standardizzate, in cui l'identità e le specificità sono al margine, se non escluse, dalla concezione del progetto. Occorre prendere atto che, più che il carattere identitario di un ambiente, o la risposta a un ideale culturale e civico, le più recenti teorie pedagogiche promuovono nuove dinamiche spaziali e richiedono risposte ai bisogni funzionali, trasformando l'edilizia scolastica in un oggetto complesso dentro una dinamica multi-scalare. Le realizzazioni presentate mostrano soluzioni architettoniche fortemente contestualizzate, attente al tempo stesso, soprattutto nel-

la progettazione delle facciate, all'identità dell'edificio scolastico. La scala delle individualità è la protagonista di un processo in cui la memoria del passato e le aspirazioni per il futuro cercano, attraverso l'architettura, un equilibrio formale e funzionale, senza che l'universalità dell'«essere scuola» venga alienata.

Infine, è da rilevare come l'esperienza portoghese, sulla scorta dei risultati positivi conseguiti, abbia contribuito al dibattito internazionale sul tema della rigenerazione del patrimonio edilizio scolastico e possa suggerire indicazioni metodologiche da impiegare in altri Programmi funzionali che interessano la riqualificazione dell'esistente.

Up to the beginning of 2007, «[...] in Portugal, the great effort [...] regarding school infrastructures was mainly concentrated on the network



Fig. 6 | 'Escola Secundária de Rio Tinto' in Gondomar by Rui Mealha: learning street as a 'square' (credit: A. Santos, 2011).

expansion, through the application of typified solutions of standardized and mass construction» (Heitor, 2011, p. 11). This strategy, prey of different moments of crisis, showed the urgency of constructing and costs control, factors that, consequently, had always taken the leading role. In this circumstance, strategic planning turned out sporadic, and the perspective of prevention and maintenance were nonexistent, culminating in erratic and uncoordinated repairing actions. In this context, in the late 20th century, «[...] overall, the facilities suffer from construction anomalies, physical deterioration and functional obsolescence that affect their environmental comfort, usefulness, and image» (Heitor, 2008, p. 1). During the turn of the twenty-first century, political awareness

was raised for the need to constructively, spatially, and functionally rearrange the school building, in order to simultaneously adapt it to the pedagogical needs and recent legal determinations and to reaffirm its symbolic value.

In this scenario, the Programa de Modernização das Escolas com Ensino Secundário (PMEES)<sup>1</sup> was created focusing on the rehabilitation of the pre-existing school buildings in Portugal. The public entity Parque Escolar<sup>2</sup> developed this Program in order to administer the management of all buildings, by structuring the investments and priorities in phased interventions over a long period. The change of attitude in what concerns school management has determined the demand for a solution that, overall, in a comprehensive and systematic way,

should allow to reverse the deteriorating process of high school establishments to achieve, on the one hand, an effective school building rehabilitation, and, on the other hand, promote its modernization by reference to the requirements triggered by the new standards and pedagogical models, specifically in conception and arrangement of spaces and facilities (Ministério da Educação, 2006).

This intervention was a pioneer in what concerns the management of public buildings in Portugal, resulting in multiple outcomes, consequences, and readings, from which stands out the complexity of the school organism, as well as the inevitable dialogue of scales implied. «In restructuring learning environments, planners need to develop methods for identifying complex issues and must use design processes to synthesize approaches rather than focusing on dichotomies» (Taylor, 2000). Indeed, architecture necessarily dialogues with two antagonistic dimensions that confront each other on scales that are sometimes contradictory. If the universality of the 'being' School imposes a collective scale, that aims to defend overall conditions, the need to include and incorporate strategies attending individualities convene a permanent contrast between scales and interests.

From the summoning of different themes (program, pedagogy, society, and infrastructure), an approach guided by the evidence of this articulation, or contrast, between scales, here mutually contaminated, will be developed. This paper is embedded in the context of an investigation project, that focuses on the study and debate of school buildings, from a universe of 74 schools in the north of Portugal, named ESCOLAS – Complexidade e Interpretação.<sup>3</sup>

**Architecture and Program** | Integrating operatively the participation of the most varied intervening agents, the PMEES assumes the responsibility to outline the construction of an architectonic Program, guider of the rehabilitation process of school buildings with secondary education, with a group of programmatic objectives. Firstly, the intervention context is limited and characterized by an attitude of rehabilitation. The Program determines that the pre-existing schools are rehabilitated and modernized maintaining about 80% of the original construction (Monteiro and Santos, 2020). In this sense, none of the 172 Schools that have already been intervened materializes buildings built from scratch. This circumstance promoted a double pedagogical condition. On one hand, in raising awareness of the opportunity to resort to rehabilitation processes, even before architectures of less patrimonial and cultural value, and, on the other hand, in contributing to a discussion about the values of sustainability and ecology.

Secondly, the interventions are characterized by the typological particularities of each of the intervened structures. The ambition to redignify the public school is easily recognized in the interventions on schools of a greater patrimonial and historical value, with enormous contributions in shaping the urban fabric and identity, as is exemplified by the School Sá de

Miranda (Fig. 1), but also in the re-qualifications of the typified structures that, since the decade of 60s, with the Project Mercúrio<sup>4</sup>, have been, gradually, alienating architectural quality, due to poor constructive quality and total disengagement with the contexts. These questions are particularly relevant in the context of the pavilion typology schools developed in the early 80s<sup>5</sup>. This project, named '3x3', aimed mainly to resort to industrialized construction; in order to avoid situations of disruption, the programmatic complexity presented in previous projects is abbreviated, witnessing a reduction of specialized spaces (Parque Escolar, 2012). In fact, it was in these buildings that the challenge of reversing the reality of anonymity, and the lack of architectural identity, grew, since these were the ones in a more advanced state of degradation (Fig. 2).

Thirdly, the aim was to promote a rapprochement between the school and the city, as a strategy to rehabilitate the school patrimony, assuring its social condition (Santos and Monteiro, 2019). This theme also assumes particular relevance in interventions in buildings of the '3x3' typology, since these schools are mainly apart from the urban fabric. In this conjecture, it was justified particular attention to redefining urban front, architectural images, and, in some cases, to extend the intervention to the urban surroundings, so that the school can define itself as an active part in the physical and symbolical organization of a public whole, as it happens in the intervention in the School of Rio Tinto (Fig. 3).

Fourthly, it represents a programmatic ambition the requalification of the Institution image through a contemporary architecture, capable of framing the school in a current imagery universe, but also to envision the schools in the future. This ambition articulates itself with the urgent need to provide school spaces with constructive and infrastructural technologies corresponding to the current standards of comfort and energy expenditure, as well as to the real pedagogical challenges that currently arise. The program «[...] aims to modernise public-sec-

ondary schools in order to improve and modernise the quality and usefulness of teaching and learning facilities to accommodate the 21st century educational agenda, as well as to restore the schools as centres of the community» (Heitor and Marques Pinto, 2012, p. 8018:5).

In this context, the unprecedented condition of this Program is confirmed, establishing itself as a methodological instrument capable of undergoing adaptations and influence the construction of management strategies of public buildings. In fact, its structured and systemic essence, as well as its view of an ensemble, made it paradigmatic in the national context «[...] by assuming a collaborative way of projecting, [...] these interventions assume an exemplary character contributing to the promotion of good intervention practices in school buildings» (Heitor, 2009, p. 21), not being by chance that the OECD experts affirmed the qualities of the Portuguese experience, pointing out that «[...] reflects or exceeds the best international practices [...]» (Almeida et alii, 2009, p. 8). The Program complements itself integrating pedagogical ambitions.

**Architecture and Pedagogy** | The most recent reflections about the interaction between architecture and pedagogy are unanimous on affirming the significative impact that the school environment has in the teaching-learning process. The school building is a lot more than a simple container: along with the teacher's body, with the students and their familiar contexts, it performs a true interaction system; a complex system on which the physical environment interacts with pedagogical, sociocultural, curricular, motivational and socio-economical factors (Ladiana and Lopes, 2018). In fact, it sits on the architecture the responsibility to create conditions of well-being for all uses, and spaces capable of motivating the development of the learning process.

Firstly, it is envisioned a significant spatial and functional reorganization that, hierarchically, imposes on spaces the inevitability of re-structuring in face of the promoted Concep-

tual Model (Fig. 4) and the Hierarchical Functional Levels (Fig. 5). It is advocated the complementarity between conventional learning means and pedagogical practices based on «[...] activities of collaborative, exploratory and experimental nature» (Heitor, 2011, p. 13). The conceptual model «[...] is based on three main basic principles: the articulation between different function sectors (academic and non-academic); the guarantee of conditions for their integrated functionality; and the possibility of opening some sectors to outside usage» (Heitor, 2011, p. 15). Although the existence of a special nucleus for the fulfilment of the traditional curriculum is safeguarded, these should be in constant dialogue with the informal learning spaces, that are envisioned as attractive and flexible.

Secondly, motivated by the pedagogical ideals of Maria Montessori<sup>6</sup>, by the results of the experiences on the Montessori method<sup>7</sup>, and by the spatial solutions proposed by Herman Hertzberger<sup>8</sup>, the Program aims to diversify the activities and the programmatic valences, focusing especially on the transformation of the structural circulation spaces, in order to encourage less formal teaching processes. With the belief that the environment and the organization of spaces have an impact on the commitment on the pedagogical process, the creation of more flexible moments was sought, «[...] encouraging students and teachers to stay longer at school and to participate in activities that contribute to foster a learning culture» (Heitor, 2008, p. 2).

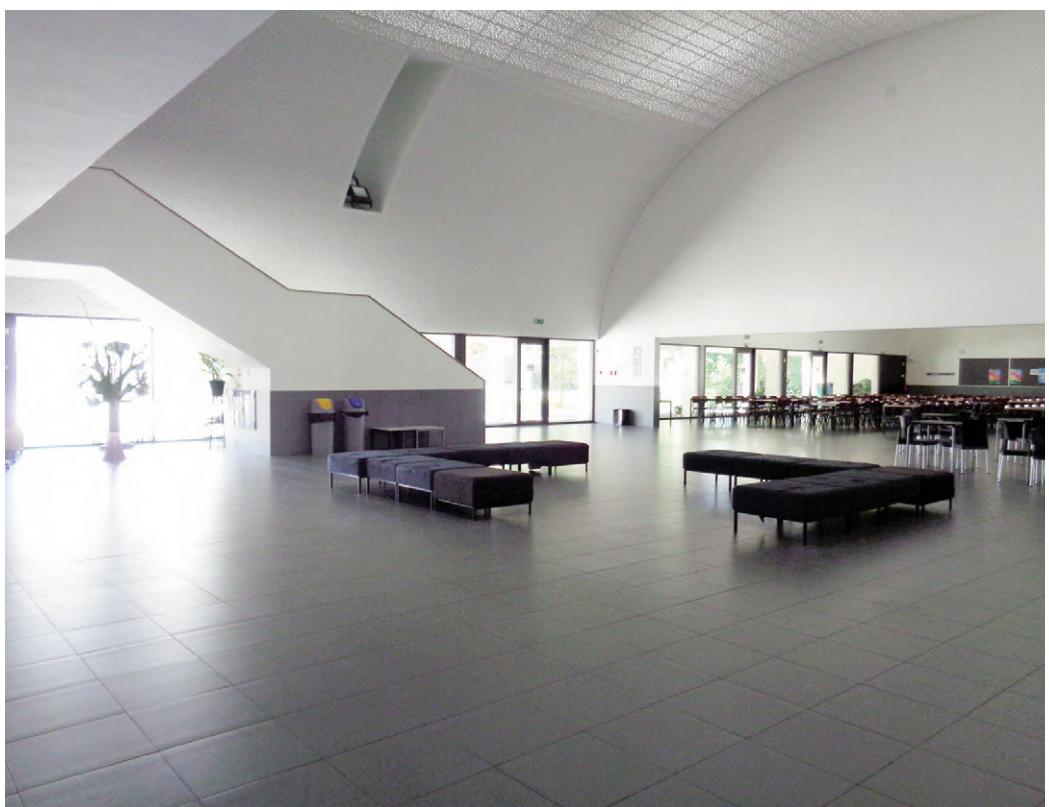
In this perspective, the ideal of learning street – that in some solutions assumed different configurations – for example, the sense of square in the School of Rio Tinto (Fig. 6), stood out in the strategy of transformation of the intervened buildings, being absolutely intelligible on interventions on pavilion typology buildings, as the School of Canelas (Fig. 7), amplifying the intention of integrating a new space capable of grouping the dispersion of spaces, but mainly of overcome its mere condition of circulation. In buildings of other typologies, with the articulation of



**Fig. 7** | 'Escola Secundária de Canelas' in Vila Nova de Gaia by André Santos: learning street as a connection device between pre-existing modular buildings (credit: F. Mendonça, 2019).

**Fig. 8** | 'Escola Secundária e Artística de Soares dos Reis' in Porto by Carlos Prata: learning street as a reconfiguration spatial device on pre-existing building (credit: A. Santos, 2008).





**Fig. 9** | 'Escola Secundária de Monserrate' in Viana do Castelo by Francisco Marques Franco: school as a place for companionship (credit: A. Santos, 2012).

**Fig. 10** | 'Escola Secundária de Estarreja' in Aveiro by José Manuel Soares: universal school space (credit: A. Santos, 2014).

new volumes with the existing distributing devices, it was also possible to create a learning street, as it happens in the School Soares dos Reis (Fig. 8), of industrial basis.

Thirdly, the incorporation of specificities of each school community, and in particular of the educational project of each school's direction body<sup>9</sup>, allowed to interrelate the school with the productive and economical fabric, in a strategy that attends the individuality of each

school's educational project, without compromising the universality of the national curriculum. Imputing to the architectural program an amplification of its complexity, «[...] communities seeking to design schools for the future must think in an integrated manner to join the goals of education to those of architectural design» (Taylor, 2000).

In this sense, architecture and pedagogy are integrated into a process of multifaceted

and multiscale narratives. It is up to architecture to carry out a hierarchical reflection of a social and technical nature that, through a good building, transmits that «[...] all individuals have the right to a quality educational facility [...] that encourages social participation, providing a healthy, comfortable, safe, secure and inspirational setting for its occupants» (OECD, 2006, p. 18). Naturally, the pedagogical ambitions are committed with vectors of social nature, a context that supports and frames them.

**Architecture and Society** | The school bears an endless commitment and responsibility in the education, formation, and socialization of individuals, which only results in quality when extrapolates a pedagogical ritual based on curricular content and is based on the companionship bond between students and their different realities (Fig. 9). This space of communion, understood as 'one more home', must be sustained on a 'family' core progressively larger, in quantity and, in particular, in plurality, aware of the social responsibility duty. If we want the school to be inclusive, it is urgent that its plans are redefined for an education guided to a global, complete citizenship, free of prejudice and that recognizes and values differences (Montoan, 2003).

It is important to recognize that we are all equal, in rights and responsibilities, but different, in being, agreeing that there are differences and there are equalities we must have the right to be different when equality characterizes us and the right to be equal when differences give us a sense of inferiority (Montoan, 2003). It is this awareness that creates space for social responsibility, for equality in participation, collective and inexhaustible, so that the understanding that the school is the most representative equipment of the universal scale is clarified (Fig. 10); «[...] schools should accommodate all children regardless of their physical, intellectual, social, emotional, linguistic or other conditions» (UNESCO, 1994, p. 6).

It is undeniable that the school proclaims an evolutive social history in the process of inclusion that gradually has been accomplished in association with a vast number of sciences, in particular, the one of education and psychology, in its mission to improve curricular practices and social interactions. This process includes incalculable participations that seek to encourage the sense of complicity, co-responsibility, and awareness by the school regarding the disparities, sharpening its conscience to ensure a more universal society. Naturally, it is also the school's responsibility to investigate options and ensure solutions that cover all communities, promoting social awareness, towards absolute inclusion.

In this commitment, the organization of the entire school program must promote a particular care in the distribution of the most intimate environments, such as the classrooms and spaces of a more collective character. This breaks the idea that only students learn and that it is only possible in the classroom, when in truth the school must provide learning and sharing spaces for every citizen. The openness

to the community has been explored in various ways of awareness, providing access to spaces such as sports pavilions. Also, other spaces, such as libraries and multipurpose rooms, are able to explore activities and learning processes apart from the curricular lessons, but that contribute deeply to the intellectual and humanistic development of all (Fig. 11).

**Architecture and Infrastructures** | School architecture has been following the maturation and evolution in critical thinking between pedagogy and its methodologies. This dialogue, which has undergone numerous mutations from the programmatic and functional point of view, and that also adopted social ambitions, at the beginning of the 21st century, has incorporated a new responsibility of technological guidance, introducing a renewed challenge to architecture. The most recent legal provisions that came into effect as a consequence of Kyoto Protocol<sup>10</sup>, resulted in the publication of a vast set of legal diplomas that, transported from the European legislation to the Por-

tuguese normative, introduced, between 2006 and 2008, a significant change to the current legal frame. The abrupt and concentrated in time manner of these transformations led to notorious difficulties in their coherent articulation, due to its novelty, to inexperience, to the dimension of its demands and, mainly, to conflicts between each legal diploma. Every regulation, regarding energy and air quality systems certification, thermal behaviour, accessibility, and fire safety, determined the inevitability of incorporating an infrastructural load of impressive complexity. The Program consisted, due to its temporal proximity, of a key moment for experimenting and introducing the new constructive canon that came to integrate the projects in a complex scale of debate between the various agents, affirming this moment as innovative, singular and paradigmatic.

«[...] these new legal determinations set significant impositions in the incorporation [...] of a paraphernalia in the spatial characterization, a major condition in the context of investigations on pre-existing buildings» (Kazimirko

and Santos, 2020, p. 221). In the same way as the social and pedagogical domain, the theme of infrastructures, in the dialogue between the universal and individual scales, manifests its protagonism in the reading of the solutions, as expressed paradigmatically in the School of Santa Maria da Feira (Fig. 12). In this sense, the infrastructural systems carry the responsibility of introducing, in the pre-existing buildings, a complex and expressive amount of equipment and networks, from which stands out a confrontation between the micro and macroscale. It is verifiable the recurrence of the solution adopted in the School Rodrigues de Freitas (Fig. 13), that extends all systems along the corridors, in this case, organized on a metallic conveyor; a solution that can also be verified in the School Inês de Castro (Fig. 14). On the other hand, the attendance of specific conditions of each space is expressed in moments of a private or individual character, such as the solution verified in the classroom of the School Inês de Castro (Fig. 15).

The solutions do not survive exclusively from



**Fig. 11** | 'Escola Secundária Garcia de Orta' in Vila Nova de Gaia by Ricardo Bak Gordon: library, the openness of school spaces to the community (credit: A. Santos, 2011).



**Fig. 12** | 'Escola Secundária de Santa Maria da Feira' in Santa Maria da Feira by José Manuel Soares: infrastructure paraphernalia (credit: A. Santos, 2012).

**Fig. 13** | 'Escola Secundária Rodrigues de Freitas – Conservatório de Música do Porto' in Porto by Manuel Fernandes Sá: infrastructure systems along the circulation corridor (credit: A. Santos, 2019).

**Figg. 14, 15** | 'Escola Secundária Inês de Castro' in Vila Nova de Gaia by André Santos: infrastructure systems along the learning street; microscale infrastructure in the classroom (credits: A. Santos, 2012; F. Mendonça, 2019).

a universal strategy, forcing the macro-scale to incorporate the need of the microscale, affirming the condition and the construction of a specific, unique and complex organism. It is the architecture's responsibility to find balance and coherence, to articulate the different scales and interests that characterize the space and promote its identity, resulting from the legacy of the pre-existences, legal obligations, and the sensitivity of the designers. Paradoxically, and after this experience has passed, some factors of significant mismatch become evident, which now need reflection and re-adjustment, especially in relation to the fact that the European Community regulatory determinations, designed for all the State Members, have been adopted without taking into account the specificity of the Portuguese climatic, social and economic context, greatly influencing the costs of the intervention, also and especially for infrastructure adjustments.

**Conclusions** | From the approach developed,

it became evident that the conception, construction, and usage of the school architectures, in particular those that resulted from the implementation of the PMEES, appear as paradigmatic examples of management, of methodological confrontation between scales and of complexity. The articulation of interests, dimensions, and scales is permanent in the most diverse themes that contribute to the formation of the school space. The necessary balance between global conditions of education and comfort, at a universal and collective scale, with concerns of inclusion, incorporating specific strategies for different social groups, has translation into a school architecture in constant confrontation between scales. While, at a wide scale, is given attention to the global infrastructures, the hierarchy of large functional groups and circulation systems, on a smaller scale, the specificities and needs of each space are addressed from a programmatic, pedagogical, social and infrastructural point of view.

As it was verified, it was possible, in the

midst of a complex process, by designing strategies of global action, to create, in a methodological way, strategies capable of enabling a project action according to the specificities of each school involved. The definition of a multi-faceted conceptual model, with a wide range of disciplinary areas, and translated into a functional and spatial hierarchy, allowed, in the confrontation with each community's realities, the materialization of specific responses, in a participatory process. Also, the programmatic commitment to include all sectors of society, as well as to guarantee accessibility to the wide variety of spaces, was translated into architectures suited to each context, in order to promote and strengthen bonds between the school and every agent of the community. It was also verifiable the complexity in the articulation between the infrastructural regulated requirements with each of the rehabilitation processes, which resulted in a demanding methodological project management exercise.

The school space is experiencing a set of

mutations, in which universalization ceases to have strength and identity takes the leading role. It is proven impossible to continue to promote universal solutions that have been known throughout history, in which identity remained immune in the project conception. More than an identity character of an environment, or even the answer to a cultural and civic ideal, transformation and progress of pedagogical ideals promote new spatial dynamics, and demand responses to the functional needs, transforming the school equipment into a complex object

of a multiscale discourse. We are witnessing architectural solutions absorbed in countless conditions, as well as the combination of every front that today participates in the dialogue in school building design, a challenge that is amplified in the context of pre-existing buildings rehabilitation. The scale of the individualities becomes the protagonist in a discourse in which the memory of the past and the aspirations for the future seek, through architecture, a formal and functional balance, without the universality of 'being school' being alienated.

Finally, and taking into account the significant number of States that have been developing similar programs, aimed at school buildings, as well as the relevance of expanding the methodology to other functional programs, we understood the opportunity and the interest in contributing to a reflection that, deriving from the Portuguese experience, allows give back knowledge, and critical thinking, to the international community.

## Acknowledgements

The contribution, resulting from a common reflection, is to be attributed in equal parts to Authors.

## Notes

1) Programa de Modernização das Escolas com Ensino Secundário (PMEES) was implemented in January 2007, deriving from the awareness of the state of advanced degradation of the existing schools, aiming to intervene in 332 of the 477 schools with secondary education in operation.

2) Parque Escolar – E.P.E. was created on February 21, 2007 by Decreto-Lei n. 41/2007 (Ministério da Educação, 2007), with the mission of developing and implementing the PMEES, for the rehabilitation and management of school buildings over 30 years.

3) The research project ESCOLAS: Complexidade e Interpretação is in development at the Architecture and Urbanism Study Center (CEAU), an integrated research unit of the Faculty of Architecture, University of Porto (FAUP).

4) Project Mercúrio, established in 1960, was coordinated by Arq. Augusto Brandão, asserting itself as the first standardized project for school structures.

5) Programa Especial de Execução de Escolas Preparatórias e Secundárias, approved in 1980, aimed to create conditions to respond to the intensification and massification of the construction of buildings for secondary education, having in perspective the construction of 218 schools.

6) Maria Montessori (1870-1952) was an Italian educator. She developed proposals of pedagogical philosophies based on a model of human development through interactions with the environment, in a way to explore the innate capacity for cognitive development.

7) The Montessori pedagogical method is based on Maria Montessori's ideals. It has materialization in learning spaces that benefit the accessibility and autonomy of children, in contrast to traditional pedagogical ideas.

8) Herman Hertberger (1932) is a Dutch architect. With extensive written and constructed work, stands out the Montessori School, Delft (1966-70), and the books Lessons for students in architecture (1991), Space and the architect: lessons in architecture 2 (1999) and Space and learning (2008).

9) The document Plano Estratégico, responsibility of each school, is the starting point for the preparation of the program for each project, articulating the specific interests of every school with the national curriculum.

10) The Kyoto Protocol was signed by 55 countries on December 11, 1997, framed by the growing concerns about the emission of polluting gases.

## References

Almeida, R., Blyth, A., Forrester, D., Gorey, A. and Hostens, G. (2009), *OECD/CELE Review of the Sec-*

*ondary School – Modernisation Programme in Portugal.* [Online] Available at: [www.oecd.org/portugal/44247100.pdf](http://www.oecd.org/portugal/44247100.pdf) [Accessed 16 March 2020].

Heitor, T. (2011), "Programa de Modernização do Parque Escolar destinado ao Ensino Secundário | Public Secondary Schools Modernization Programme", in *Parque Escolar 2007-2011 – Intervenção em 106 escolas*, Parque Escolar – E.P.E., Lisboa, pp. 9-26. [Online] Available at: [www.parque-escolar.pt/pt/programa/livros-parque-escolar.aspx](http://www.parque-escolar.pt/pt/programa/livros-parque-escolar.aspx) [Accessed 15 March 2020].

Heitor, T. (2009), "Modernizar as escolas do ensino secundário", in Pimenta, J. (ed.), *Escolas Secundárias – Reabilitação / Secondary Schools – Rehabilitation*, Caileoscópio Edição e Artes Gráficas, Casal de Cambra, pp. 17-21.

Heitor, T. (2008), "Modernising Portugal's Secondary Schools", in *PEB Exchange – Programme on Educational Building*, n. 2008/01. [Online] Available at: [doi.org/10.1787/245552515225](https://doi.org/10.1787/245552515225) [Accessed 22 March 2020].

Heitor, T. and Marques Pinto, R. (2012), "Thinking Critically Towards Excellence in School Buildings", in Greene, M., Reyes, J., and Castro A. (eds), *Using Space Syntax as a Catalyst for Change: Proceedings of the Eighth International Space Syntax Symposium, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, Chile, January 3-6, 2012*, PUC, Santiago de Chile, pp. 8018:1-8018:18. [Online] Available at: [sss8.cl/8018.pdf](http://sss8.cl/8018.pdf) [Accessed 14 March 2020].

Kazimirk, A. and Santos, A. (2020), "School spaces in the incorporation of (new) infrastructural needs", in *Book of Abstracts – 13th Meeting of Young Researchers of University of Porto / Livro de Resumos do 13.º Encontro de Jovens Investigadores da U.PORTO*, Universidade do Porto, Porto, p. 221. [Online] Available at: [ijup.up.pt/2020/wp-content/uploads/sites/464/2020/02/IJUP2020\\_LivroResumos.pdf](http://ijup.up.pt/2020/wp-content/uploads/sites/464/2020/02/IJUP2020_LivroResumos.pdf) [Accessed 14 March 2020].

Ladiana, D. and Lopes, N. L. (2018), "Scenari di Innovazione del Progetto | Cenários de Inovação para o Projeto", in Ladiana, D., Lopes, N. L. and Afonso, R. B. (eds), *A escola ideal*, CIAMH – Centro de Inovação em Arquitetura e Modos de Habitar, Porto, pp. 12-24. [Online] Available at: [www.academia.edu/39101331/A\\_ESCOLA\\_IDEAL](http://www.academia.edu/39101331/A_ESCOLA_IDEAL) [Accessed 14 March 2020].

Ministério da Educação (2007), "Decreto-Lei n. 41/2007", in *Diário da República*, n. 37, Série I de 21 de fevereiro de 2007, pp. 1287-1294. [Online] Available at: [dre.pt/web/guest/pesquisa/-/search/517859/details/maximized](http://dre.pt/web/guest/pesquisa/-/search/517859/details/maximized) [Accessed 15 March 2020].

Ministério da Educação (2006), "Despacho n. 7503/06", in *Diário da República*, n. 67, Série II de 4 de abril de 2006, pp. 5049-5050. [Online] Available at: [www.parque-escolar.pt/docs/empresa/legislacao/legislacao-despacho-7503-2006.pdf](http://www.parque-escolar.pt/docs/empresa/legislacao/legislacao-despacho-7503-2006.pdf) [Accessed 14 March 2020].

Monteiro, C. and Santos, A. (2020), "School buildings rehabilitation and its' patrimonial value", in *Book of Abstracts – 13th Meeting of Young Researchers of University of Porto / Livro de Resumos do 13.º Encontro de Jovens In-*

*vestigadores da U.PORTO*, Universidade do Porto, Porto, p. 106. [Online] Available at: [ijup.up.pt/2020/wp-content/uploads/sites/464/2020/02/IJUP2020\\_LivroResumos.pdf](http://ijup.up.pt/2020/wp-content/uploads/sites/464/2020/02/IJUP2020_LivroResumos.pdf) [Accessed 14 March 2020].

Montoan, M. T. E. (2003), *Inclusão Escolar – O que é? Por quê? Como fazer?*, Moderna, São Paulo. [Online] Available at: [files.cercomp.ufg.br/weby/up/211/o/INCLUS%C3%A3O-ESCOLARMaria-Teresa-Egl%C3%A9%C3%A9r-Mantoan-Inclus%C3%A3o-Escolar.pdf](http://files.cercomp.ufg.br/weby/up/211/o/INCLUS%C3%A3O-ESCOLARMaria-Teresa-Egl%C3%A9%C3%A9r-Mantoan-Inclus%C3%A3o-Escolar.pdf)?1473202907 [Accessed 18 March 2020].

OECD – Organization for Economic Co-operation and Development (2006), *Evaluating Quality in Educational Facilities*, OECD Publishing. Available at: [www.oecd-ilibrary.org/education/evaluating-quality-in-educational-facilities\\_530661814151](http://www.oecd-ilibrary.org/education/evaluating-quality-in-educational-facilities_530661814151) [Accessed 28 April 2020].

Parque Escolar – E.P.E. (2012), "Desqualificação física, construtiva e funcional do parque escolar nacional – Documento n. 1", in Tribunal de Contas, *Auditória orientada ao Programa de Modernização do Parque Escolar destinada ao Ensino Secundário, 2007 a 2010 – Relatório de Auditoria n. 09/12*. [Online] Available at: [www.tcontas.pt/pt-pt/ProdutosTC/Relatorios/RelatoriosAuditoria/Documents/2012/rel009-2012-2s.pdf](http://www.tcontas.pt/pt-pt/ProdutosTC/Relatorios/RelatoriosAuditoria/Documents/2012/rel009-2012-2s.pdf) [Accessed 18 March 2020].

Santos, A. and Monteiro, C. (2019), "Reabilitação do Património Escolar – Expressão Pedagógica, Multidisciplinar e Multicultural", in Tavares, A. and Costa, A. (eds), *6.º Fórum Internacional do Património Arquitectónico Portugal/Brasil*, Universidade de Aveiro, Aveiro, pp. 122-123. [Online] Available at: [www.researchgate.net/publication/334225418\\_Forum\\_Internacional\\_Patrimonio\\_Arquitetonico\\_Portugal\\_Brasil\\_-2019\\_6\\_Edicao](http://www.researchgate.net/publication/334225418_Forum_Internacional_Patrimonio_Arquitetonico_Portugal_Brasil_-2019_6_Edicao) [Accessed 14 March 2020].

Taylor, A. (2000), *Programming and Design of Schools Within the Context of Community*. [Online] Available at: [www.designshare.com/Research/Taylor/Taylor\\_Programming\\_1.htm](http://www.designshare.com/Research/Taylor/Taylor_Programming_1.htm) [Accessed 10 Marco 2020].

UNESCO (1994), *The Salamanca Statement and Framework for Action on Special Needs Education – Adopted by the World Conference on Special Needs Education: Access and Quality, Salamanca, Spain, 7-10 June 1994*. [Online] Available at: [unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000098427?posInSet=1&queryId=f8d42b50-7c80-4568-90c9-23b2a6714540](http://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000098427?posInSet=1&queryId=f8d42b50-7c80-4568-90c9-23b2a6714540) [Accessed 18 March 2020].

## MATERIALI INTELLIGENTI PER EDIFICI NZEB

Opzioni tecnologiche adattive  
per il progetto sostenibile

## SMART MATERIALS FOR NZEB BUILDINGS

Adaptive technological solutions  
for sustainable projects

Rosa Romano

### ABSTRACT

L'articolo presenta alcuni dei risultati della ricerca europea COST Action TU 1403 Adaptive Envelope, finalizzata a mappare a livello internazionale l'innovazione tecnologica legata alla progettazione e realizzazione di sistemi di facciata adattivi, analizzando i subsistemi che dalla micro alla macro-scala permettono di raggiungere e superare i target energetico-ambientali previsti dalle normative nazionali e internazionali vigenti. Partendo dall'analisi dello stato dell'arte, la trattazione si focalizzerà in particolare sul tema dei materiali intelligenti utilizzabili per la realizzazione di sistemi di chiusura verticale a schermo avanzato, capaci di migliorare il comfort indoor e l'efficienza energetica di edifici nuovi ed esistenti. Attraverso l'analisi delle caratteristiche materiche, tecnologiche e funzionali, saranno definiti i parametri qualitativi e prestazionali che ne caratterizzano l'utilizzo e il funzionamento a scala reale.

The paper shows some of the results of the European research COST Action TU 1403 Adaptive Envelope, whose aim is to map technological innovation at an international level, linked to design and creation of adaptive façades systems, by analysing the subsystems that from the micro to the macro scale allow to reach and exceed the energy-environmental targets foreseen by the current national and international regulations. Starting by analysing the state of the art, the paper will focus in particular on the subject of smart materials that can be used to create vertical closure systems with advanced screens, capable of improving indoor comfort and energy efficiency of new and existing buildings. Through the analysis of their material, technological and functional characteristics, will be defined the qualitative and performance parameters that influence their use and function on a full-scale.

### KEYWORDS

materiali nano-strutturati, comfort indoor, involucro adattivo, nZEB, efficienza energetica

nanostructured materials, indoor comfort, adaptive envelope, nZEB, energy efficiency

**Rosa Romano**, Architect and PhD, is a Researcher at the Department of Architecture in Florence (Italy). She carries out research mainly on the subjects of Environmental Sustainability and Energy Efficiency in Building, focusing in particular on the topic of design and energy evaluation of innovative façade components for the Mediterranean climate. Mob. +39 338/866.84.38 | E-mail: rosa.romano@unifi.it

L'aumento del consumo di energia, la riduzione delle risorse e l'incremento dei costi energetici per la climatizzazione degli edifici hanno contribuito negativamente sulla nostra qualità della vita e rischiano di compromettere in modo irreversibile quella delle generazioni future. In questa situazione, la progettazione e lo sviluppo di soluzioni di involucro integrate, energeticamente efficienti e capaci di garantire buone prestazioni termiche durante tutto l'arco dell'anno, diventano una priorità a livello internazionale. Da queste premesse nasce la necessità di progettare soluzioni tecnologiche innovative in grado di garantire comportamenti adattivi (alla macro, micro e nano scala), integrando nel manufatto architettonico materiali e sistemi di automazione e controllo capaci di renderlo mutevole nel tempo in risposta alle sollecitazioni climatiche e alle esigenze di comfort indoor degli utenti.

Negli ultimi decenni, l'edificio contemporaneo si è trasformato da elemento statico a elemento dinamico caratterizzato dalla presenza di materiali nano-strutturati e intelligenti, sviluppati come sistemi organici o sintetici che possiedono funzioni tecnologiche incorporate e che operano attraverso cambiamenti di proprietà o attraverso la capacità di regolare i flussi energetici passanti (Addington and Schodek, 2005). Una delle caratteristiche maggiormente connotante dei materiali intelligenti è quella di essere in grado di trasformare le loro proprietà fisiche e/o la loro forma, o di scambiare energia in modo autonomo (Reichert, Menges and Correa, 2014). Si tratta, infatti, di nuovi materiali sviluppati manipolando la materia alla scala nanometrica, oggetto di studio e trasferimento tecnologico tra settori scientifico disciplinari assai diversi, in relazione alla possibilità d'incrementare le loro prestazioni secondo standard termofisici e meccanici sempre più performanti (Del Grosso and Basso, 2010). Attraverso la possibilità d'integrare questi nuovi materiali in sistemi di involucro complessi è possibile incrementare la capacità adattiva dell'intero edificio, migliorando le condizioni di comfort indoor e outdoor. In altre parole, l'intelligenza del materiale si trasferisce dal sistema tecnologico, al corpo di fabbrica e di conseguenza all'intera città, contribuendo a definire nuovi scenari urbani.

Partendo da queste premesse, l'articolo presenta alcuni dei risultati della ricerca europea COST Action TU 1403 (Aelenei et alii, 2018), finalizzata a mappare a livello internazionale l'innovazione tecnologica legata alla progettazione e realizzazione di sistemi di facciata adattivi, attraverso la catalogazione di materiali, componenti e sistemi sviluppati negli ultimi decenni a scala globale. L'obiettivo è di definire sinteticamente lo stato dell'arte, tracciando i processi d'innovazione che hanno reso i materiali nanostrutturati fondamentali per la progettazione e realizzazione di sistemi d'involucro responsivi e a basso impatto ambientale, capaci di mutare le proprie prestazioni e configurazioni se stimolati dall'ambiente e dagli utenti. Infine, attraverso l'analisi di alcuni casi studio, saranno definite le tendenze future legate alla loro integrazione architettonica alle varie scale dell'ambiente costruito.

**La ricerca COST Action Adaptive Envelope** | Uno dei principali obiettivi della ricerca europea COST Action TU 1403 Adaptive Envelope (Aelenei et alii, 2018), iniziata nel 2015 e proseguita fino al 2019, è stato quello di definire l'innovazione sul tema dell'involucro adattivo, realizzando un database organizzato in tre macro capitoli dedicati a materiali, componenti e sistemi di facciata, nel quale sono stati catalogati 156 casi studio tra sperimentazioni, prototipi e realizzazioni. La ricerca ha evidenziato come il concetto di responsività sia strettamente connesso alla presenza alla micro-scala di materiali 'intelligenti' e dispositivi di automazione che definiscono l'adattività dei sistemi di facciata e dell'intero edificio rispetto a una dinamicità intrinseca o estrinseca, capace di influenzare il progetto architettonico e di incidere sulle prestazioni energetiche dell'intero edificio, e talora anche del contesto urbano nel quale esso è inserito.

In altre parole, un sistema adattivo deve essere in grado d'interagire con l'ambiente circostante (interno o esterno), elaborando in modo autonomo le informazioni acquisite per trasformarle in una reazione (movimento, deformazione o cambiamento delle proprietà materiali) che si manifesta per un periodo di tempo determinato. Il grado di adattabilità (graduale o immediato) può essere quindi relazionato in modo univoco al tempo di reazione (secondi, minuti, ore, ciclo giorno-notte, stagionale, annuale, decennale) e alla scala spaziale (nano, micro e macro scala) rispetto alla quale si verifica il cambiamento (Aelenei et alii, 2019). Di conseguenza gli involucri dinamici possono essere definiti come soluzioni tecnologiche innovative, costituite da sistemi integrati (materiali e componenti) che sono in grado di modificare le loro funzioni, estetiche o comportamentali, in risposta alla necessità di garantire prestazioni energetiche transitorie rispetto a condizioni al contorno variabili (Luible and Overend, 2018). È evidente come il concetto di involucro adattivo risulti fortemente connesso a quello di materiale innovativo.

Velikov e Thün (2013) definiscono i materiali intelligenti come sistemi abili a interagire con le condizioni ambientali esterne attraverso cambiamenti interni di proprietà fisiche o attraverso scambi di energia. L'intelligenza del materiale è determinata dalla presenza di una o più delle seguenti caratteristiche: 1) Immediatezza – capacità di risposta in tempo reale a una sollecitazione proveniente dall'ambiente esterno; 2) Transitorietà – possibilità di assumere più stati fisici (solido, liquido, aeriforme) in risposta a stimuli ambientali definiti; 3) Auto-attuazione – possibilità d'interazione autonoma con condizioni a contorno determinate e in assenza di stimuli meccanici esterni; 4) Selettività – capacità di scegliere una risposta determinata rispetto a input esterni definiti; 5) Istantaneità – possibilità di cambiare forma e dimensione rispetto a una configurazione geometrica determinata in corrispondenza dell'evento di 'attivazione'.

L'analisi dei casi studio raccolti nel database evidenzia come la necessità di migliorare le prestazioni energetiche globali dell'edificio, legata all'esigenza di produrre energia rinnovabile (termica o fotovoltaica) a scala locale, abbia deter-

minato la sperimentazione e la conseguente produzione di materiali capaci d'interagire in modo dinamico con la radiazione solare incidente, variando in modo naturale o artificiale la loro massa superficiale (passando dallo stato liquido a quello solido), la loro forma (allungandosi, contraendosi, curvandosi) o la loro trasparenza (passando allo stato traslucido o riflettente).

La ricerca COST ha messo in evidenza, infine, come la diffusione nel mondo delle costruzioni di sistemi di facciata adattivi sia fortemente influenzata dalla possibilità di utilizzare già nella fase progettuale nuovi strumenti di modellazione e verifica – BIM e BEM – capaci d'interagire con i sistemi di produzione digitale (stampanti 3D), con l'obiettivo di controllare non solo le caratteristiche dimensionali e prestazionali del manufatto edilizio ma anche e soprattutto il suo impatto ambientale in termini LCA e LCC. Lo scopo è quello di massimizzare la customizzazione del prodotto partendo dalla definizione delle caratteristiche del materiale, riciclato o riciclabile, e garantendo la totale reversibilità del manufatto (Correa and Menges, 2017). La possibilità di utilizzare materiali nanostrutturati permette, infatti, d'incrementare le prestazioni energetiche e ambientali di sistemi di facciata assemblati a secco, senza incidere sul loro peso o il loro spessore, così da favorirne l'utilizzo non solo per la realizzazione di nuovi edifici nZEB ma anche negli interventi di ristrutturazione energetica profonda, finalizzati a ridurre drasticamente i consumi termici degli edifici esistenti senza comprometterne le caratteristiche strutturali.

Di seguito saranno definiti i materiali catalogati nell'ambito della ricerca, divisi in relazione al loro comportamento adattivo in due macrogruppi: cinetici e termici. In entrambi i casi si tratta di materiali in grado di contribuire in modo dinamico al bilancio energetico dell'edificio, regolando uno o più dei seguenti fattori: 1) guadagni solari passivi; 2) direzione e intensità del flusso termico passante; 3) direzione e intensità del flusso luminoso passante; 4) prestazioni di accumulo termico; 5) capacità di produrre energia rinnovabile.

**Materiali a comportamento cinetico** | A questa categoria afferiscono sia alcune tipologie di metallo (termo-bimetalli e leghe a memoria di forma) e di materiali plastici (polimeri composti), reattivi a sollecitazione termica indotta o provocata dalla radiazione solare incidente, sia alcune varietà di fibre di legno capaci di deformarsi in corrispondenza della variazione igeoscopica della loro struttura cellulare. I termo-bimetalli trovano applicazione, in particolare, in sistemi di schermatura cinetici costituiti da supporti metallici reticolari, come quelli realizzati dall'americana D. Sung (Hawkes et alii, 2010). Si tratta di elementi modulari di piccole dimensioni costituiti da due fogli di alluminio che hanno l'abilità di piegarsi in pochi secondi, in modo autonomo e senza la presenza di attuatori. Questo comportamento è possibile perché i due strati metallici, pur essendo laminati insieme, se sottoposti a sollecitazione termica hanno la capacità di espandersi con velocità diverse, tornando nella loro posizione iniziale quando questa sollecitazione viene a mancare (Figg. 1, 2).



**Figg. 1, 2** | D. K. Sung, Thermal Bimetal 'Bloom', Los Angeles, and the adaptive behaviour analysis (credits: M. Locke; D. K. Sung).

Le leghe a memoria di forma, che possono essere utilizzate come attuatori a basso contenuto tecnologico in sistemi di facciata complessi, presentano un'elasticità maggiore dei termo-bimetalli e, come suggerito dal loro stesso nome, sono capaci di mantenere memoria della forma iniziale che riacquistano dopo una deformazione indotta da fenomeni di surriscaldamento. In questo caso, la capacità dinamica è data dalla composizione chimica dei metalli utilizzati e talora può essere indotta da sollecitazioni elettriche esterne (Juaristi, Gómez-Acebo and Monge-Barrio, 2018).

Analogamente ai termo-bimetalli e alle leghe a memoria di forma, anche alcune categorie di polimeri possono presentare capacità adattiva più o meno accentuata, grazie alla presenza nella loro struttura molecolare di almeno due strati di materiale plastico caratterizzati da diversi coefficienti di dilatazione termica. L'anisotropia del materiale può essere determinata nella fase di produzione, caratterizzando il comportamento cinetico dei vari strati attraverso l'utilizzo di stampanti 3D. Tra gli esempi più inte-

ressanti dell'applicazione dei polimeri compositi alla scala architettonica ricordiamo: il prototipo KUMORIgami, realizzato assemblando su un supporto metallico un sistema di elementi plasti esagonali capaci di deformarsi se sottoposti a sollecitazione elettrica, favorendo il passaggio di luce e aria dall'esterno all'interno di uno spazio confinato (Pesenti, Masera and Fiorito, 2018); l'originale sistema di schermatura solare ShapeShift (Figg. 3, 4), realizzato con elementi quadrangolari di materiale acrilico capaci di cambiare forma, aprendosi e chiudendosi, se sottoposti a sollecitazione termica (Kretzer and Rossi, 2012); il prototipo di chiusura trasparente Living's Kinetic Glass, caratterizzato dalla presenza di elementi modulari di gomma trattata con uretano e integrata con lega a memoria di forma, sensibili alla presenza di CO<sub>2</sub> nell'ambiente (Yoneda, 2007).

Tra i materiali cinetici a basso impatto ambientale non possiamo infine dimenticare il legno che, grazie alla sua natura anisotropica, può deformarsi, curvandosi in modo naturale se sottoposto a sollecitazione igroscopica. Ele-

menti di varie forme e dimensioni, ma caratterizzati da spessori contenuti, possono così essere integrati in sistemi di chiusura verticale e orizzontale per controllare, in modo autonomo o attraverso dispositivi di attuazione, la ventilazione naturale, la trasmissione del calore o il passaggio della radiazione solare incidente (Fig. 5). In anni recenti, la possibilità di manipolare il legno dal punto di vista cellulare ha permesso di realizzare in laboratorio particolari sistemi composti, nei quali strati di materiale legnoso sensibile all'umidità sono alternati a fibre sintetiche, come ad esempio il PTFE, con l'obiettivo di limitare la laminazione del materiale nel tempo e il suo conseguente degrado estetico e meccanico (Wood et alii, 2016). La possibilità di utilizzare sistemi di modellazione tridimensionale e di stampa 3D ha permesso, infine, d'integrare celle fotovoltaiche BIPV (Fig. 6) con micro-lamelle di legno, capaci d'interagire con l'ambiente esterno non solo per schermare eventuali superfici trasparenti, ma anche e soprattutto per produrre energia (Mazzucchelli et alii, 2018).

**Materiali a comportamento termico** | Si tratta in prevalenza di materiali trasparenti o traslucidi, che per le loro caratteristiche intrinseche sono in grado di modulare i flussi termici passanti, ottimizzando le prestazioni termoigrometriche dell'involucro architettonico opaco e trasparente, in termini di isolamento termico, durante tutto l'arco dell'anno. A questo gruppo di materiali intelligenti appartengono i vetri eletrocromici, termocromici e fotocromici, capaci di cambiare colore e grado di trasparenza e riflettanza se sottoposti a sollecitazione termica naturale o indotta da stimoli elettrici, limitando di conseguenza i fenomeni di abbagliamento e surriscaldamento all'interno dell'edificio. Si tratta di materiali nati per il settore automobilistico, che stanno trovando una discreta applicazione anche in quello edilizio (Romano, 2010).

Negli ultimi anni, sono state avviate sperimentazioni sulla possibilità di creare in laboratorio stratigrafie trasparenti nano-strutturate all'interno delle quali poter far circolare del fluido termovettore utilizzabile per riscaldare o raffreddare lo spazio confinato. È questo il caso del progetto Microfluidic Glass (Fig. 7) sviluppato dall'inglese Alston che, grazie alla presenza di un reticolato di micro-connettori e terminazioni tubolari, si comporta come un sistema radiante a parete alimentato dalla radiazione solare incidente (Alston, 2015).

Alla categoria dei materiali a comportamento termico appartengono i materiali isolanti trasparenti (TIM), gli aereogel e i materiali a cambiamento di fase (PCM). I TIM, brevettati per la prima volta in Germania negli anni Ottanta con la sigla TWD, sono costituiti da elementi plasticci o vetrosi, trasparenti nel visibile e nel vicino infrarosso. Si tratta di materiali caratterizzati da una struttura capillare a nido d'ape, ispirata alla struttura biologica della pelliccia dell'orso polare, che consentono, grazie alla particolare composizione materica e geometrica, di ridurre gli scambi radiativi e bloccare i moti convettivi dell'aria al loro interno, trasformandoli in calore. I TIM possono essere classificati in relazione alla struttura geometrica del materiale che li costituisce – parallela o perpendicolare alla superficie vetrata – e alla loro capacità di garantire la trasmissione solare. I pannelli a guadagno diretto, realizzati con fibre parallele dello spessore tra uno e due millimetri, presentano un'ottima capacità isolante e sono stati oggetto di interessanti sperimenta-

zioni da parte dell'architetto T. Herzog che li ha ampiamente utilizzati in molti dei suoi progetti (Herzog, Krippner and Lang, 2017).

Gli aerogel sono materiali costituiti da particelle di silice, la cui disposizione spaziale è ottenuta attraverso particolari processi produttivi. Una delle caratteristiche fisiche più importanti di questi materiali è la modesta densità apparente, in quanto circa il 96% del materiale è caratterizzato da aria mentre solo il 4% è realizzato con una matrice di diossido di silicio. Grazie al ridotto peso specifico (pari ad appena 3 kg/m<sup>3</sup>) e alla bassa condutività termica (spesso inferiore a 0,2 W/mK), gli aerogel si prestano a svariate applicazioni nel settore dell'architettura, contribuendo a migliorare le prestazioni di isolamento termico dei sistemi di facciata continua multistrato. La realizzazione dei primi prototipi di questo materiale avvenne a partire dagli anni Trenta, quando S. Kisler pensò di sottrarre a un blocco di gel la parte liquida lasciando invece integra la parte solida.

Con ulteriori sperimentazioni, si arrivò a sostituire la componente liquida con l'aria, realizzando un materiale dalle ottime qualità e dal peso specifico ridotto. Grazie a questi accorgimenti il processo di produzione degli aerogel è diventato più economico e sicuro, oltre che a minor impatto ambientale. Attualmente l'aerogel si trova in commercio nei formati granulare e monolitico, ed è utilizzato per realizzare componenti di facciata trasparente nei quali il materiale viene incapsulato tra due superfici vetrate sigillate con un telaio metallico a taglio termico, garantendo buone prestazioni in termini di trasmittanza termica e trasmissione solare (Romano, 2010).

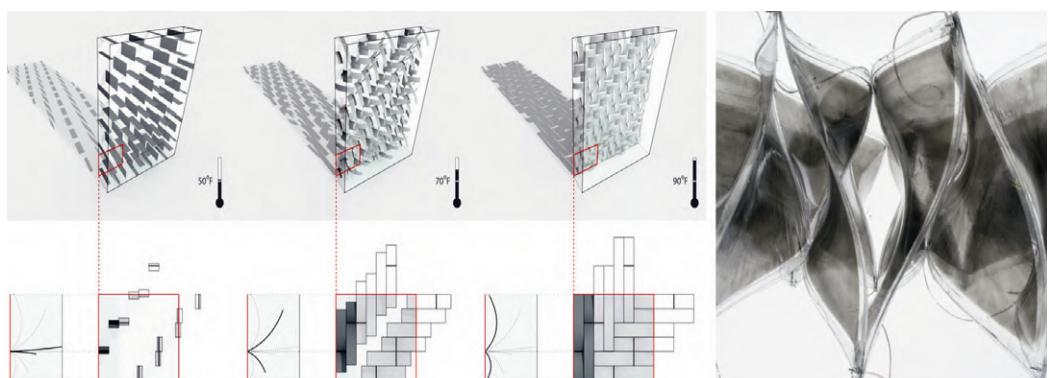
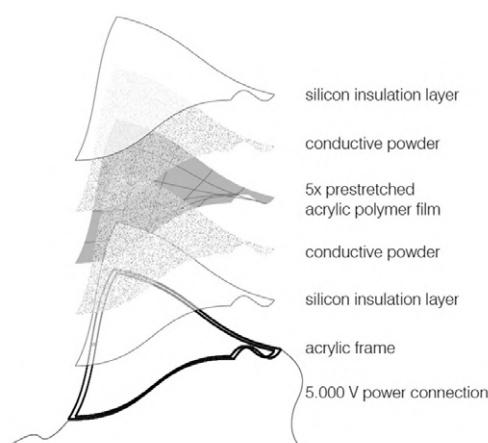
Infine, tra i materiali intelligenti a comportamento termico che hanno trovato maggiore diffusione nel settore delle costruzioni nelle ultime decadi, non possiamo dimenticare i PCM, brevettati negli anni Ottanta dalla NASA e utilizzati come materiali coibenti in grado di garantire buone prestazioni d'isolamento e inerzia termica, grazie alla capacità d'immagazzinare e rilasciare calore nella fase di transizione solido-liquido (Memon, 2014). Si tratta di materiali versatili che si prestano a molteplici applicazioni a scala edilizia. Grazie alla capacità di cambiare struttura molecolare in relazione alle sollecitazioni termiche esterne, i PCM sono particolarmente adatti a essere applicati anche in climi temperati come quelli del sud Europa dove ga-

rantiscono un buon comportamento in termini d'inerzia termica anche nei mesi estivi. Tra le soluzioni tecnologiche di chiusura verticale opaca analizzate nell'ambito della ricerca COST emerge che i PCM sono spesso utilizzati come sistemi di accumulo passivo di energia termica e sono prevalentemente impiegati nella realizzazione di soluzioni tecnologiche di chiusure verticali opache, progettate come 'muri solari'.

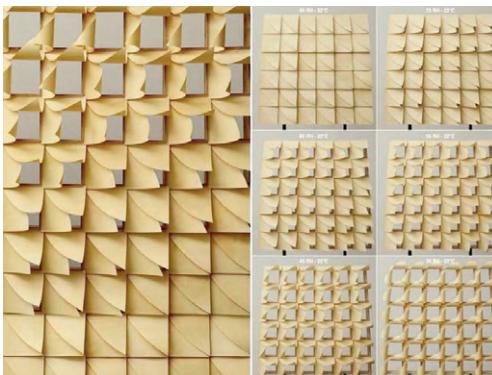
È questo il caso del sistema di facciata Solar XXI (Fig. 8), brevettato dal Centro di Ricerca portoghese Lneg (Aelenei et alii, 2014), e del prototipo SELFIE, sviluppato nell'ambito dell'omonima ricerca nazionale dal Centro Interuniversitario ABITA di Firenze (Gallo and Romano, 2018). In entrambi gli esempi la stratigrafia è caratterizzata dalla presenza di un'intercapedine d'aria tra il rivestimento esterno (realizzato con un pannello fotovoltaico) e lo strato nel quale è integrato il PCM. Delle bocchette posizionate in corrispondenza della superficie esterna del sistema di facciata permettono di controllare la velocità e la temperatura interna dello strato d'aria presente nell'intercapedine, contribuendo a migliorare le prestazioni del pannello fotovoltaico nei mesi estivi e il comportamento dinamico del PCM che è in grado di accumulare calore durante il giorno rilasciandolo, in parte per irraggiamento e in parte per convezione, verso l'ambiente a temperatura più bassa nelle ore notturne.

Nelle applicazioni a pavimento o nei sistemi di riscaldamento e raffrescamento radiante, l'uso dei PCM può ridurre il surriscaldamento delle superfici orizzontali direttamente esposte alla radiazione solare, stabilizzando la temperatura del materiale entro un intervallo vicino alla temperatura di fusione. In queste applicazioni, il PCM è in grado di assorbire e immagazzinare l'energia in eccesso (dovuta alla radiazione solare incidente o ai carichi termici interni) che altrimenti causerebbe il surriscaldamento dello spazio confinato. L'energia accumulata dal materiale può essere riutilizzata successivamente per riscaldare l'edificio o, in alternativa, può essere facilmente rimossa con un sistema idronico.

La versatilità del materiale permette di utilizzarlo per realizzare anche componenti di chiusura trasparente: è questo il caso dei sistemi di facciata brevettati dall'azienda tedesca Glassx (Fig. 9). Si tratta di pannelli dotati di porzioni multicamera trasparenti e traslucide, caratterizzate dalla presenza di PCM nella camera più interna



Figg. 3, 4 | M. Kretzer, D. Rossi, E. Augustynowicz, S. Georgakopoulou and S. Sixt, 'ShapeShift', Zürich, 2010 (credit: M. Kretzer).



**Fig. 5** | Achim Menges Architect, 'Hygriscope', Centre Pompidou, Paris, 2012 (source: [www.achimmenges.net](http://www.achimmenges.net)).

**Fig. 6** | E. S. Mazzucchelli and L. Doniacovo, 'BIPV Adaptive Flakes', Milan, 2016 (credit: E. S. Mazzucchelli, 2016).



della vetrata. I moduli sono sviluppati come una chiusura trasparente dotata di quattro pannelli vetrati e tre camere: la prima elio-selettiva, la seconda isolante e la terza saturata con il materiale a cambiamento di fase. Questo innovativo sistema di facciata, che si basa su una semplice stratigrafia, riesce a conferire un'immagine mutevole e dinamica all'edificio, grazie alla diversa colorazione assunta dai sali idrati durante il cambiamento di fase.

**Conclusioni** | Dall'analisi condotta emerge come i materiali intelligenti e le facciate adattive siano stati oggetto di un processo d'innovazione tecnologica che ha permesso d'introdurre e sperimentare nuovi prodotti, schermanti e isolanti, con prestazioni termoigrometriche e igroscopiche assimilabili a quelle di organismi viventi, capaci di adattarsi durante tutto l'arco dell'anno a condizioni al contorno variabili per garantire in tempo reale il comfort indoor all'interno dello spazio confinato. È altresì evidente come le esperienze in atto siano orientate a introdurre nel mondo delle costruzioni soluzioni preassemblate a secco, leggere e resistenti, che attraverso processi di progettazione parametrica e di manifattura digitale, possano essere customizzate velocemente, garantendo ottime prestazioni energetiche e ambientali, anche e soprattutto nelle zone a clima temperato e caldo. Molti dei materiali presentati sono stati pensati, infatti, per schermare esternamente o internamente le superfici vetrate o per incrementare l'inerzia termica di componenti opachi e trasparenti, limitando i fenomeni di surriscaldamento interno estivo.

Tuttavia, se i PCM, i TIM ed alcune tipologie di vetri eletrocromici e selettivi hanno superato abbondantemente la fase di sperimentazione, altrettanto non può essere affermato per molti dei materiali cinetici o per gli aerogel, ancora oggetto di analisi alla fase prototipale. Nonostante ciò, l'accelerazione registrata negli ultimi anni in termini di trasferimento tecnologico da settori scientifici apparentemente lontani (quali ad esempio la fisica, l'ingegneria spaziale, la chimica, l'informatica, ecc.) verso il mondo dell'architettura, ci permetterà di colmare presto questo divario, favorendo addirittura la nascita di una nuova generazione di materiali dotati di intelligenza

intrinseca, capaci di evolversi, auto-pulirsi e auto-ripararsi, contribuendo alla creazione, a partire dalla micro scala, di architetture organiche e resilienti in armonia con l'uomo e la natura.

The increase of energy consumptions, the reduction of resources and the rise of energy costs for air conditioning of buildings have negatively contributed to our quality of life and risk to irreversibly compromising that of future generations. In this scenario, the design and development of integrated, energy-efficient envelopes, capable of guaranteeing good thermal performance throughout the year become an international priority. This situation generates the need to design adaptive technological solutions capable of ensuring adaptive behaviours (to macro, micro and nano scale), including materials and automation and control systems in the architectural artefact to make it change over time according to climatic conditions and users' requirements.

Over the last decades, buildings have become dynamic elements characterized by the presence of nano-structured and intelligent materials, developed as organic or synthetic systems, having built-in technological functions and operating through property transitions or the ability to regulate transferring flows of energy (Addington and Schodek, 2005). One of the main characteristics of smart materials is being capable of transforming their physical properties and/or their shape, or to autonomously exchange energy (Reichert, Menges and Correa, 2014). In fact, we are talking about new materials developed by manipulating the matter at the nano scale. They are objects of study and of technology transfer between different scientific sectors, in relation to the possibility of increasing their performance according to growingly efficient thermophysical and mechanical standards (Del Grosso and Basso, 2010). By including these new materials in complex envelope systems, it is possible to increase the adaptive ability of the building, improving indoor and outdoor comfort conditions. In other words, the intelligence of the material is transferred from the technological system to the building and consequently

to the whole city, helping to create new urban scenarios.

On this basis, the paper shows some of the results of the European research COST Action TU 1403 (Aelenei et alii, 2018), whose aim is to map at an international level technological innovation, linked to design and creation of adaptive façades systems, by listing materials, components and systems developed over the last decades on a global scale. The objective is to shortly present the state of the art, defining the innovation processes that have made nanostructured materials fundamental for the design and construction of responsive and low environmental impact envelope systems, capable of changing their performance and configurations if stimulated by the environment and users. Finally, through the analysis of some case studies, we will define the future trends linked to their architectonic integration at different scales of the built environment.

**COST Action Adaptive Envelope Research |** One of the main objectives of the European research COST Action TU 1403 Adaptive Envelope (Aelenei et alii, 2018) – started in 2015 and ended in 2019 – was to define innovation on the subject of the adaptive envelope, creating a database organized in three macro chapters about materials, components and façade systems, in which 156 case studies about experiments, prototypes and realizations were listed. The research has highlighted the close link between responsiveness and the presence at the microscale of 'smart' materials and of automation devices that define the adaptiveness of façade systems and of the whole building with respect to an intrinsic or extrinsic dynamism, capable of influencing the architectural project and affecting the energy performance of the building, and sometimes, also of its urban context.

In other words, an adaptive system must be able to interact with the surrounding – indoor and outdoor – environment, autonomously processing the acquired information to transform it into a reaction (movement, deformation or material properties change) that occurs in a specific period of time. The level of adaptability (gradual or immediate) can, therefore, be uniquely linked to the reaction time (seconds, min-

utes, hours, day-night cycle, season, year, ten-year span) and the spatial scale (nano, micro and macro) according to when and where the change occurs (Aelenei et alii, 2019). As a consequence, the dynamic envelopes can be defined as innovative technological solutions, composed by integrated systems (materials and components) that can modify their aesthetic or behavioural functions, in response to the need to guarantee transient energy performances with respect to variable boundary conditions (Luible and Overend, 2018). The concept of an adaptive envelope is strongly linked to the idea of innovative material.

Velikov and Thün (2013) define smart materials as systems capable of interacting with external environmental conditions through internal changes of their physical properties or energy exchanges. The intelligence of the material is determined by the presence of one or more of the following characteristics: 1) Immediacy – ability to immediately respond to a solicitation from the external environment; 2) Transitoriness – possibility of changing more physical states (solid, liquid, gas) in response to specific environmental stimuli; 3) Self-implementation – possibility of autonomous interaction with specific boundary conditions and without external mechanical stimuli; 4) Selectivity – ability to choose a specific response with respect to specific external stimuli; 5) Immediacy – possibility to change shape and size with respect to a specific geometric configuration at 'activation'.

The analysis of the case studies collected into the database shows how the need to improve the overall energy performance of the building – linked to the need to produce renewable energy (thermal or photovoltaic) on a local scale – has led to experimentation and the consequent production of materials capable of dynamically interact with incident solar radiation, changing in a natural or artificial way

their surface density (from liquid to solid-state), their shape (extending, contracting, curving) or their transparency (from opaque to translucent or reflective state).

Finally, the COST research has highlighted how the diffusion of adaptive façades in the building industry is strongly influenced by the possibility of using, even from the design stage, new modelling and verification tools – BIM and BEM – capable of interacting with digital manufacturing systems (3D printers), with the aim of controlling both the dimensional and thermo-hygrometric characteristics of the building and its environmental impact in terms of LCA and LCC. The aim is to maximize the customization of the product starting by outlining the characteristics of the recycled or recyclable material and by ensuring its reversibility (Correa and Menges, 2017). The possibility to use nanostructured materials allows to increase the energy and environmental performances of dry-assembled façade systems, without affecting their weight or their thickness, to promote their integration, not only in the construction of new nZEB buildings but also in the deep renovation actions drastically reducing the thermal consumption of existing buildings without compromising their structural characteristics.

Below will be presented the materials listed during the research, divided according to their adaptive behaviour in two macro groups: kinetic and thermal. In both cases, the material can dynamically contribute to the energy balance of the building, regulating one of more of the following aspects: 1) passive solar gains; 2) direction and intensity of the transferring heat flow; 3) direction and intensity of the transferring light flow; 4) thermal storage performance; 5) ability to produce renewable energy.

**Kinetic Materials** | This category includes some types of metals (thermal bimetals and shape memory alloys) and plastic materials (polymer

composites), reactive to thermal stress induced or caused by incident solar radiation, and some types of wood fibres capable of deforming at the hygroscopic variation of their cellular structure. The thermal bimetals can be used, particularly, in kinetic shade systems built with metal mesh supports as the ones built by the American D. Sung (Hawkes et alii, 2010). These are small modular elements made up of two aluminium sheets that can bend in seconds, autonomously and without any actuator. This is possible because if the two sheets – even though they are laminated – are subjected to thermal stress, they expand at different speeds, returning to their initial position when this stress ends (Figg. 1, 2).

Shape memory alloys, which can be used as low-technology actuators in complex façade systems, have a higher elasticity than thermal bimetals and, as suggested by their name, they are able to preserve the memory of its initial shape that they regain after a deformation caused by overheating phenomena. In this case, the dynamic capacity originates from the chemical composition of the metals used and sometimes it can be induced by external electrical stresses (Juaristi, Gómez-Acebo and Monge-Barrio, 2018).

As with thermal bimetals and shape memory alloys, some types of polymers can have a variable adaptive capacity, thanks to the presence in their molecular structure of at least two layers of plastic material characterized by varied coefficients of thermal expansion. The material's anisotropy can be determined in the production stage, characterizing the kinetic behaviour of the various layers using 3D printers. Among the most interesting examples of polymer composites at an architectural scale there are: the KUMORIgami Prototype, created by assembling a pattern of hexagonal plastic elements on a metal support capable of folding if subjected to electrical stress, allowing light

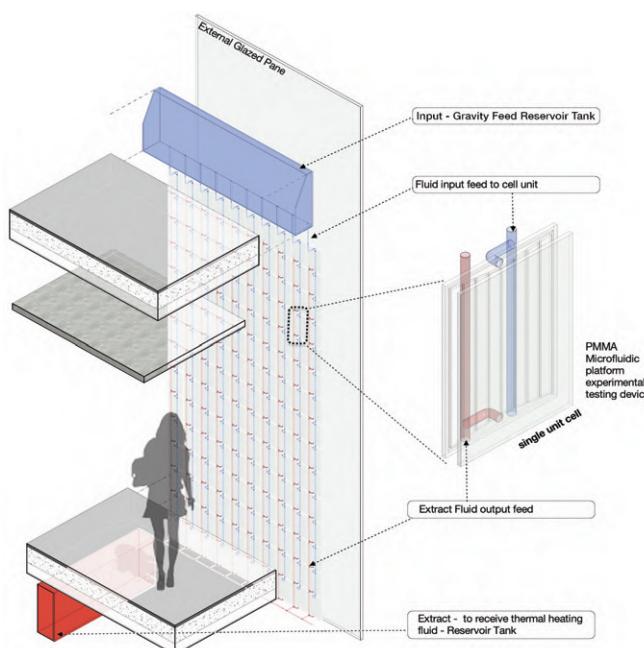
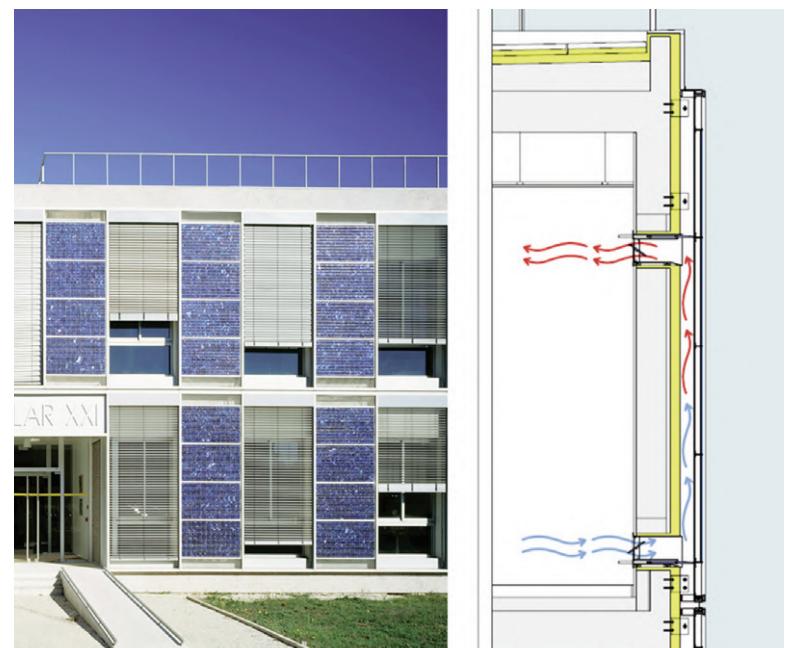


Fig. 7 | M. Alston, 'Microfluidic Glass', 2015 (credit: M. E. Alston, 2015).

Fig. 8 | P. Cabrita, I. Diniz and L. Aelenei, 'Solar XXI – BIPV/T Systems', Lisbon, 2006 (credit: L. Aelenei).





**Fig. 9** | 'GlassX' architecture, Zürich, 2004 (source: [www.glassx.ch/en/](http://www.glassx.ch/en/)).

and air to pass from outside in a confined space (Pesenti, Maserà and Fiorito, 2018); the ShapeShift solar shade system (Figg. 3, 4), made of quadrangular acrylic elements capable of shape shifting, opening and closing, if subjected to thermal stress (Kretzer and Rossi, 2012); the Living's Kinetic Glass, made with plastic modular elements cured with urethane and integrated with a shape memory alloy, responsive to the CO<sub>2</sub> (Yoneda, 2007).

Finally, among low environmental impact kinetic materials we have to mention wood. With thanks to its anisotropic nature, it can deform, naturally flex if subjected to hygroscopic stresses. Elements of various shapes and sizes, but characterized by reduced thickness, can be integrated into vertical and horizontal facade systems to control, independently or through actuators, natural ventilation, heat transmission or incident solar radiation (Fig. 5). In recent years, the possibility of manipulating wood has led to develop special composite systems in the laboratory, in which layers of moisture-sensitive wood material are alternated with synthetic fibres, such as PTFE, with the aim to limit the delamination of the material over time and its consequent aesthetic and mechanical deterioration (Wood et alii, 2016). Finally, the possibility of using three-dimensional modelling and 3D printing systems made it possible to integrate BIPV photovoltaic cells (Fig. 6) with laminated veneer lumber, capable of interacting with the external environment not only to shade transparent surfaces but also and mostly to produce energy (Mazzucchelli et alii, 2018).

**Thermal Materials** | They are mostly transparent or translucent materials, that thanks to their intrinsic characteristics can modulate trans-

ferring heat flows, optimizing the thermo-hygro-metric performance of opaque transparent envelopes, in terms of thermal insulation, throughout the year. The electrochromic, thermochromic and photochromic glasses belong to this group of smart materials. They can change colour, transparency and reflectance if subjected to natural or induced (by electrical stimuli thermal stress), consequently limiting glare and overheating phenomena in the building. These materials were created for the automotive sector but are now being quite used also in the building sector (Romano, 2010).

Over the last few years, some trials have been carried out on the possibility to create in the laboratory transparent nano-structured stratigraphies to make a heat transfer fluid flow – which can be used to heat or cool the confined space. This is the case of the Microfluidic Glass project (Fig. 7) developed by M. Alston. Thanks to a network of micro-connectors and tubular terminations, it behaves like a radiant wall system powered by incident solar radiation (Alston, 2015).

Transparent insulation materials (TIMs), aerogels and phase-change materials (PCMs) belong to the category of thermal materials. TIMs – patented for the first time in Germany in the 1980s with the acronym TWD – consist of plastic or glass elements, transparent in the visible and near-infrared. These materials are characterized by a honeycomb capillary structure, inspired by the biological structure of the polar bear fur. Thanks to their particular material and geometric composition, they allow to reduce exchange of solar radiation and to save the convective air flows in them, transforming them into heat. TIMs can be classified according to the geometry of the material they are made of – parallel or perpendicular to the glass surface – and their ability to guarantee solar transmittance. Direct solar gain panels, made with parallel fibres between one and two millimetres thick, have an excellent insulating capacity and were the subject of interesting experiments made by the architect T. Herzog who has widely used them in many of his projects (Herzog, Krippner and Lang, 2017).

The aerogels are made of silica particles whose spatial arrangement is obtained through particular production processes. One of the most important physical characteristics of these materials is the low density, since about 96% of the material is made of air while only 4% is made with a silicon dioxide matrix. Thanks to their reduced specific weight (3 kg/m<sup>3</sup>) and their low thermal conductivity (0.1-0.2 W/mK), the aerogels are suitable for various uses in architecture, helping to improve the thermal insulation performance of multi-layer curtain wall systems. The creation of the prototypes of this material started in the 1930s when S. Kisler thought of removing the liquid from a block of gel, without modifying the solid part.

After further experiments, the liquid component was replaced with air, creating a material with great qualities and a reduced specific weight. Thanks to these measures, the production process of the aerogels has become cheaper and safer, and with a lower environmental impact. Currently, aerogels are produced in granu-

lar or monolithic forms and are integrated transparent façade components in which the material is encapsulated between two glass surfaces sealed with a metal casing with thermal break, ensuring good thermal and solar transmittance performances (Romano, 2010).

Finally, among the thermal smart materials that have become highly diffused in the building industry over the last decades, we have to mention the PCMs, patented in the 1980s by NASA and used as insulating materials capable of ensuring good insulation performances and thermal inertia, thanks to their ability to store and release heat in the solid-liquid phase transition (Memon, 2014). These materials are versatile and are suitable for various uses at building scale. Thanks to the ability to change their molecular geometry according to external thermal stresses, PCMs are particularly suitable to be used even in temperate climates – for example in southern Europe – where they maintain a good thermal inertia even in summer. Among the opaque vertical closing technological solutions analysed in the COST research, it emerges that PCMs are often used as passive storage systems of heat energy and are mainly used in the design of 'solar walls'.

This is the case of the Solar XXI façade systems (Fig. 8), patented by the Portuguese Research Centre Lneg (Aelenei et alii, 2014), and SELFIE, developed within the homonymous national research by the Interuniversity Research Centre ABITA in Florence (Gallo and Romano, 2018). In both examples, the façade stratigraphy shows an air gap between the external envelope (made with a photovoltaic panel) and the layer in which the PCM is integrated. The air grids placed on the external surface of the façade system allow to control the speed and the internal temperature of the air in the gap, helping to improve the performance of the photovoltaic panel during summer and the dynamic behaviour of PCM panel, that can accumulate heat during the day and release it in the environment (partially by radiation and partially by convection) at a lower temperature during the night.

In underfloor heating or radiant heating and cooling systems, the use of PCMs can reduce the overheating of horizontal surfaces directly exposed to solar radiation, stabilizing the temperature of the material within a range close to its melting point. In these uses, the PCM can absorb and store excess energy (due to incident solar radiation or internal heat gains) which would otherwise cause the overheating of the confined space. The energy stored by the material can then be reused to heat the building or can be removed with a hydronic system.

The versatility of the material allows to use it to create also transparent closing components: such as the façade systems patented by the German company Glassx (Fig. 9). The modules are developed as a transparent closing system made of four glass sections and three vacuums: the first is helium selective, the second is insulating and the third is saturated with PCMs. This innovative façade system gives the building a changeable and dynamic aspect, thanks to the different colour the hydrated salts get during the change phase.

**Conclusions** | The analysis carried out shows that smart materials and adaptive façades have been the object of a technological innovation process, which has allowed to start and test new products, shading and insulating, with thermo-hygrometric and hygroscopic performances – similar to the ones of human beings – capable of adapting to variable boundary conditions throughout the year to ensure real-time indoor comfort. Furthermore, it is clear that the current experiments aim to introduce pre-assembled dry, light and resistant solutions in the building industry, which can be quickly customizable through parametric design and digital manufacturing processes, ensuring ener-

gy and environmental performances, especially in temperate and warm climate zones. Many of the materials dealt with in the paper have been created to shade indoor or outdoor glass surfaces, or to increase the thermal inertia of opaque and transparent envelope components, reducing summer indoor overheating.

If, on the one hand, PMCs, TIMs and some types of selective and electrochromic glasses have clearly overcome the experimentation phase, on the other, many kinetic or aerogel materials, are still being tested as prototypes. However, the progress observed over the last few years in terms of technology transfer from apparently distant scientific industries (such as

physics, space engineering, chemistry, information technology, etc.) to the architecture industry, will soon allow us to close this gap, even facilitating the creation of a new generation of materials with intrinsic intelligence, capable of evolving, self-cleaning and self-repairing, contributing to the creation of organic and resilient architectures, starting from the microscale, in harmony with man and nature.

## Acknowledgements

The COST TU 1403 Adaptive Façade Network research was financed by the European Community as part of the program COST – European Cooperation in Science and Technology Program. The Author wants to thank all the participants of Working Group 1, who contributed to the creation of the database of adaptive façade systems, allowing the Author to broaden her knowledge on smart façade systems.

## References

- Addington, D. M. and Schodek, D. L. (2005), *Smart Materials and New Technologies – For the architecture and design professions*, Architectural Press, Oxford. [Online] Available at: bintian.files.wordpress.com/2013/01/smart-materials-new-technologies-for-the-architecture-design-professions.pdf [Accessed 11 April 2020].
- Aelenei, D., Aelenei, L., Loonen, R., Perino, M. and Serra, V. (2019), “Adaptive facades”, in Asdrubali, F. and Desideri, U. (eds), *Handbook of Energy Efficiency in Buildings – A Life Cycle Approach offers a comprehensive and in-depth coverage of the subject with a further focus on the Life Cycle*, Butterworth-Heinemann, Oxford, pp. 384-411. [Online] Available at: doi.org/10.1016/B978-0-12-812817-6.00039-5 [Accessed 11 April 2020].
- Aelenei, L., Aelenei, D., Romano, R., Mazzucchelli, E. S., Brzezicki, M. and Rico-Martinez, J. M. (2018), *Case Studies – Adaptive Façade Network*, TU Delft Open for the COST Action 1403 Adaptive Façade Network, Delft. [Online] Available at: tu1403.eu/wp-content/uploads/Vol-3-1\_for-web-Open-Access-9789463661102.pdf [Accessed 11 April 2020].
- Aelenei, L., Pereira, R., Ferreira, A., Gonçalves, H. and Joyce, A. (2014), “Building Integrated Photovoltaic System with Integral Thermal Storage: A Case Study”, in *Energy Procedia / Renewable Energy Research Conference – RERC 2014*, pp. 172-178. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.egypro.2014.10.425 [Accessed 11 April 2020].
- Alston, M. E. (2015), “Natures Building as Trees: Biologically Inspired Glass as an Energy System”, in *Optics and Photonics Journal*, vol. 4, n. 5, pp. 136-150. [Online] Available at: dx.doi.org/10.4236/opj.2015.54013 [Accessed 11 April 2020].
- Correa, D. and Menges, A. (2017), “Fused filament fabrication for multi-kinematic-state climate-responsive aperture”, in Menges, A., Sheil, B., Glynn, R. and Skavara, M. (eds), *Fabricate 2017*, UCL Press, pp. 190-195. [Online] Available at: dx.doi.org/10.2307/j.ctt1n7qkg7.30 [Accessed 11 April 2020].
- Del Gross, A. E. and Basso, P. (2010), “Adaptive building skin structures”, in *Smart Materials and Structures*, vol. 19, n. 12, pp. 1-12. [Online] Available at: doi.org/10.1088/0964-1726/19/12/124011 [Accessed 11 April 2020].
- Gallo, P. and Romano, R. (2018), “The SELFIE façade system. From Smart Buildings to Smart grid”, in *Techne / European Pathway for the Smart Cities to come on behalf of EERA Joint Programme on Smart Cities*, special series, vol. 1, pp. 166-172. [Online] Available at: doi.org/10.13128/Techne-22702 [Accessed 11 April 2020].
- Hawkes, E., An, B., Benbernou, N. M., Tanaka, H., Kim, S., Demaine, E. D., Rus, D. and Wood, J. R. (2010), “Programmable matter by folding”, in *PNAS – Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America*, vol. 107, n. 28, pp. 12441-12445. [Online] Available at: doi.org/10.1073/pnas.0914069107 [Accessed 11 April 2020].
- Herzog, T., Krippner, R. and Lang, W. (2017), *Facade Construction Manual*, 2nd edition, Detail Business Information GmbH, Munich.
- Juaristi, M., Gómez-Acebo, T. and Monge-Barrio, A. (2018), “Qualitative analysis of promising materials and technologies for the design and evaluation of Climate Adaptive Opaque Façades”, in *Building and Environment*, vol. 144, pp. 482-501. [Online] Available at: dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.08.028 [Accessed 11 April 2020].
- Kretzer, M. and Rossi, D. (2012), “ShapeShift”, in *Leonardo*, vol. 45, n. 5, pp. 480-481.
- Luible, A. and Overend, M. (2018), “COST Action TU1403 – Adaptive Facades Network”, in Luible, A. and Gosztonyi, S. (eds), *Facade 2018 - Adaptive! / Proceedings of the COST Action TU1403 – Adaptive Facades Network Final Conference, Lucerne University of Applied Sciences and Arts Lucerne, Lucerne Switzerland, 26-27 November 2018*, TU Delft Open, pp. 19-23. [Online] Available at: tu1403.eu/wp-content/uploads/COST\_endconference2018\_webversion.pdf [Accessed 11 April 2020].
- Mazzucchelli, E. S., Alston, M., Brzezicki, M. and Doniacovo, L. (2018), “Study of a BIPV Adaptive System: Combining Timber and Photovoltaic Technologies”, in *Journal of Facade Design and Engineering*, vol. 6, n. 3, pp. 149-162. [Online] Available at: doi.org/10.7480/jfde.2018.3.2602 [Accessed 11 April 2020].
- Memon, S. A. (2014), “Phase change materials integrated in building walls: A state of the art review”, in *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 31, pp. 870-906. [Online] Available at: dx.doi.org/10.1016/j.rser.2013.12.042 [Accessed 11 April 2020].
- Pesenti, M., Masera, G. and Fiorito, F. (2018), “Exploration of Adaptive Origami Shading Concepts through Integrated Dynamic Simulations”, in *Journal of Architectural Engineering*, vol. 24, issue 4, pp. 1-14.
- Reichert, S., Menges, A. and Correa, D. (2014), “Metamorphosensitive architecture: Biomimetic building skins based on materially embedded and hygroscopically enabled responsiveness”, in *Computer-Aided Design*, vol. 60, pp. 50-69. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.cad.2014.02.010 [Accessed 11 April 2020].
- Romano, R. (2010), *Smart Skin Envelope – Integrazione architettonica di tecnologie dinamiche e innovative per il risparmio energetico*, Firenze University Press, Firenze. [Online] Available at: www.fupress.com/archivio/pdf/5056.pdf [Accessed 11 April 2020].
- Velikov, K. and Thün, G. (2013), “Responsive Building Envelopes: Characteristics and evolving paradigms”, in Trubiano, F. (ed.), *Design and Construction of High-Performance Homes – Building Envelopes, Renewable Energies and Integrated Practice*, Routledge, pp. 75-92. [Online] Available at: rvtr.com/files/HPH.pdf [Accessed 11 April 2020].
- Wood, D. M., Correa, D., Krieg, O. D. and Menges, A. (2016), “Material Computation – 4D Timber Construction: Towards Building-Scale Hygroscopic Actuated, Self-Constructing Timber Surfaces”, in *International Journal of Architectural Computing*, vol. 14, issue 1, pp. 49-62. [Online] Available at: doi.org/10.1177/1478077115625522 [Accessed 11 April 2020].
- Yoneda, Y. (2007), *Interactive Living Glass regulates air quality*. [Online] Available at: inhabitat.com/carbon-dioxide-sensing-living-glass/ [Accessed 11 April 2020].

## IL GIGANTE DORMIENTE

Progetto per l'ex-Ospedale Militare di Napoli

## THE SLEEPING GIANT

Project of the former Military Hospital in Naples

Federica Visconti, Renato Capozzi

### ABSTRACT

Il contributo intende presentare un progetto redatto nell'ambito di un accordo di collaborazione scientifica tra la Direzione Centrale Pianificazione e Gestione del Territorio (sito UNESCO del Comune di Napoli) e il DiARC (Dipartimento di Architettura) della Università di Napoli 'Federico II'. Il progetto riguarda un grande complesso conventuale a corte aperta, alle pendici della collina di Sant'Elmo a Napoli, oggi in stato di abbandono, che si ambisce a re-immettere nella dinamica viva della città, attraverso un attento lavoro non solo sul manufatto in quanto tale ma anche sui suoi rapporti con la città e il paesaggio. L'intervento progettuale, inoltre, vuole anche affermare una convinta scelta di campo sul tema dell'intervento sul patrimonio, a favore della cultura del progetto e contro una ostinata, quanto miope, logica della conservazione.

The paper aims to describe a project developed under the scientific cooperation agreement between the Department for the Urban Planning and Territorial Management (UNESCO Site of the Municipality of Naples) and DiARC (Department of Architecture) of the 'Federico II' University of Naples. The project concerns a huge Convent Complex with an open courtyard typology, placed on the slope of the Sant'Elmo hill in Naples that is, today, abandoned. The aim is of re-introducing the Complex in the living dynamic of the city, through a careful work not only on the artefact in itself but also on its relationship with the city and landscape. Moreover, the project is the occasion to affirm a convinced choice of field about the theme of the intervention on the heritage, in favour of the culture of project and against an obstinate, as myopic, logic of conservation.

### KEYWORDS

progetto urbano, interscalarità, geografia, grandi manufatti, caposaldi architettonici

urban project, inter-scaling, geography, huge artefacts, architectural cornerstones

**Federica Visconti**, Architect and PhD, is an Associate Professor of Architectural and Urban Composition in the Department of Architecture of the 'Federico II' University of Naples (Italy). Her research activity is on the themes of the Rational Architecture and the New Realism, the revamping of the social housing districts of the Twentieth century, the relationship archaeology-architecture in the stratified city in the Mediterranean context. Mob. +39 338/38.39.257 | E-mail: federica.visconti@unina.it

**Renato Capozzi**, Architect and PhD, is an Associate Professor of Architectural and Urban Composition in the Department of Architecture of the 'Federico II' University of Naples (Italy). His research activity is on the themes of the Rational Architecture and the New Realism, the Archetypes in Architecture, the legacy of the Masters of the Modernity. Mob. +39 339/57.80.020 | E-mail: renato.capozzi@unina.it

Napoli è una ‘città per parti’ (Fig. 1). L’osservazione con occhio ‘non innocente’<sup>1</sup> della sua mappa dimostra con chiarezza questa affermazione. A partire, ovviamente, dalla ‘figura’ definita e finita del centro greco-romano, passando per la griglia, stavolta isotropa, dei quartieri spagnoli, fino alle espansioni otto-novecentesche a oriente e, più tardi, sulle colline, la città di Napoli ha sempre ampliato la sua dimensione per ‘parti’ che hanno mantenuto una loro autonomia formale e una loro intelligibilità, esprimendo, nel rapporto tra tipologia edilizia e morfologia urbana, differenti idee di città. Le tre aree urbane citate – centro antico, quartieri spagnoli ed espansioni del XIX secolo – naturalmente costituiscono declinazioni di una idea, in ogni caso, di città compatta, seppure con la pervasiva applicazione della ‘domus’ elementare di caniggiana memoria (Caniggia, 1997) poi sostituita dal ‘palazzo’ (Savarese, 1991) nel caso del centro antico, del blocco con cortile nei quartieri spagnoli, dell’isolato a blocco nelle espansioni più recenti. In tutti questi casi l’idea di città vede gli edifici allinearsi lungo le strade ‘a fare cortina’ e saturare l’isolato, seppure con livelli di ‘porosità’<sup>2</sup> differenti, in modo tale che, in un ipotetico disegno di Schwarzplan (piano delle strade) e Straßenbau (disegno del solo costruito) l’uno risulti essere, a differenza di quanto accade nella città ‘moderna’, il negativo dell’altro (Visconti, 2017).

Non sempre però Napoli si è modificata per ampliamenti e addizioni di ‘parti’ formalmente compiute. Non è un caso che, in pieno Illuminismo, Carlo III di Borbone, con il proposito di trasformare Napoli in una ‘città capitale’, non promuova l’ampliamento della città attraverso nuove parti residenziali ma decida di trasformarla profondamente attraverso la costruzione di monumenti – elementi primari, per dir la con Rossi (1987) – che assumono innanzitutto un valore polare di posizionamento alla scala territoriale. Ferdinando Fuga è il principale protagonista di questa modificazione come progettista dell’Albergo dei Poveri e dei Granili che, con la Reggia di Capodimonte di Giovanni Antonio Medrano, si dispongono in una ideale triangolazione e segnalano, al di là della loro funzione – ospizio-carcere per i poveri il primo, magazzino a servizio del porto il secondo – a tutti coloro che provenivano dalle periferie del Regno da nord-est e da sud-est l’arrivo nella città-capitale.

In questa generale lettura del ‘disegno della città’<sup>3</sup> – e nella convinzione che ogni progetto di architettura sia sempre un giudizio critico su una realtà che, solo attraverso il progetto stesso, si può conoscere in vista della sua modifica – il progetto per l’ex-Ospedale Militare di Napoli si inserisce nel quartiere di Montecalvario del quale i prima menzionati quartieri spagnoli sono parte. Un precedente analitico, oltre che progettuale, su questo quartiere – ma anche un riferimento più generale al modo di intendere il progetto nella città (Capozzi, 2019) – è costituito dagli studi di Salvatore Bisogni (1994) che aveva già individuato Montecalvario come una parte urbana definita a nord dal tracciato sinuoso del Corso Vittorio Emanuele, strada panoramica alle pendici della collina di Sant’Elmo, e a sud dall’asse di via Toledo. Gli

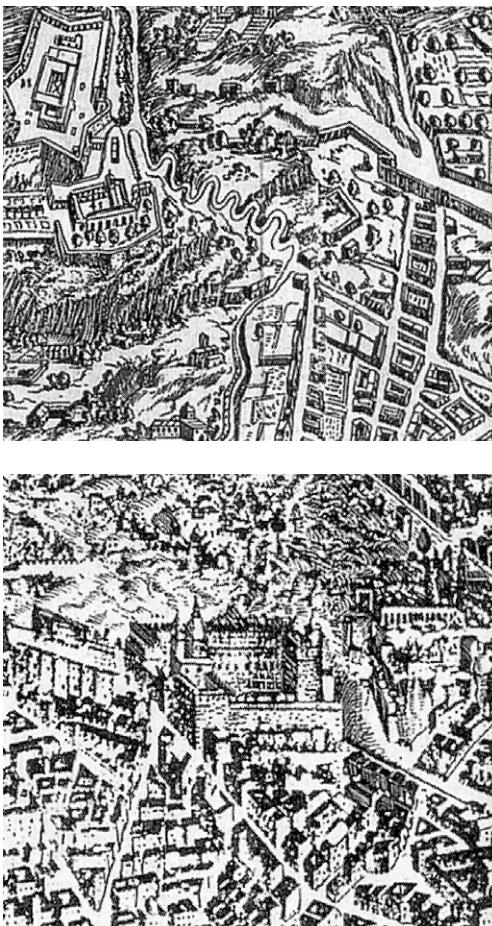
studi di Bisogni, a una scala di maggiore approfondimento, definivano poi Montecalvario come costituita da quattro sottoparti – Centrale, Raddoppio, Magnocavallo, Pignasecca – corrispondenti ad altrettante rotazioni della ‘maglia’ in ragione dell’andamento del suolo, seguendo le curve di livello, sottolineando come, in rapporto alle aree-residenza, alcuni monumenti costituiscano i capisaldi di queste sottoparti definendone spesso l’orientamento (Fig. 2): il Complesso di Suor Orsola Benincasa, quello di Santa Maria Ognibene, la Chiesa e il Convento di Montecalvario, la Chiesa e l’Ospedale dei Pellegrini, il Complesso dello Spirito Santo, i Conventi di Montesanto, della Trinità degli Spagnoli e dei Sette Dolori e, appunto, il Complesso della SS. Trinità delle Monache, noto anche, per l’ultima funzione ospitata per quasi due secoli, come ex-Ospedale Militare.

In altri termini, in questa parte della città, si rende manifesta la possibilità di individuare una conferma di quella ‘teoria dei fatti urbani’ che Aldo Rossi aveva inteso elaborare a partire «[...] dalla identificazione della città come manufatto e dalla divisione della città in elementi primari e in area-residenza» (Rossi, 1987, p. 4).



**Fig. 1** | Neapolitan Anonymous, Naples: City by Parts (credit: R. Capozzi, 2010).

**Fig. 2** | The subparts of Montecalvario (credit: S. Bisogni, 1994).



**Fig. 3** | Dupérac-Lafréry, Map of Naples, 1566: detail (credit: A. D'Agostino, 1995).

**Fig. 4** | Naples, Map of the City by Alessandro Baratta, 1670: detail (credit: A. D'Agostino, 1995).

Per Rossi la città vive di questa dialettica: le aree-residenza sono quelle che assolvono alla funzione dell'abitare privato, i monumenti a quella dell'abitare pubblico. Nonostante nella Introduzione al libro si legga della esistenza di ‘due grandi sistemi’, due punti di vista, dai quali è possibile affrontare lo studio della città – «[...] quello che considera la città come il prodotto di sistemi funzionali generatori della sua architettura e quindi dello spazio urbano e quello che la considera come una struttura spaziale» (Rossi, 1987, p. 7) – e si tenga conto dell’importanza e del possibile contributo del secondo, Rossi afferma con chiarezza quale sia il suo punto di vista: la città è costruzione, la città è architettura.

Così, con riferimento alle aree-residenza, la città è analizzabile attraverso una definizione delle ‘parti’ che si differenziano per forma, limiti e dimensioni e che sono riconducibili a diverse idee di città che, in determinati periodi storici, sono state capaci di rappresentare i valori collettivi di un abitare condiviso. In questo senso il pensiero di Rossi è chiaro quando afferma che «[...] l’assumere la residenza in sé non significa adottare un criterio funzionale di ripartizione dell’uso delle aree cittadine ma semplicemente trattare in modo particolare un fatto urbano che è di per sé preminente nella composizione della città. [...] Non si può affermare [...] che la residenza sia qualcosa di amorfo [...]. La forma con cui si realizzano i tipi edilizi residenziali, l’a-

spetto tipologico che li caratterizza, è strettamente legato alla forma urbana» (Rossi, 1987, p. 80). Ma ancora più interessante, pensando alla dialettica residenza e monumenti a proposito di Montecalvario, è ricordare che l’autore de L’Architettura della Città definisce ‘elementi primari’ quelli che «[...] nel loro aspetto spaziale, indipendentemente dalla loro funzione [...] si identificano con la loro presenza nella città. Possiedono un valore “in sé” ma possiedono anche un valore posizionale, [sono] segni della volontà collettiva espressi attraverso i principi dell’architettura» (Rossi, 1987, p. 115).

**Il gigante dormiente** | Un significativo ‘valore posizionale’ esprime, oltre al ‘valore in sé’, il Complesso della SS. Trinità delle Monache a Napoli. Ne La Pianta di Napoli Dupérac-Lafréry del 1566 (Fig. 3) – in realtà una veduta, come si era soliti allora rappresentare le città – l’area dove oggi insiste il complesso monumentale appare ancora libera da costruzioni ma a ben vedere se ne intuisce la singolarità: sono osservabili le mura della città con i bastioni, al di fuori di esse il mastio di Sant’Elmo sulla collina e ben si legge infine il percorso della Pedamentina che assume un andamento tortuoso in ragione del salto di quota che, dal Castello alla porta delle mura, deve superare. È qui, tra le mura e la Pedamentina, che si erge il poggio sul quale verrà costruito, nella prima decade del XVII secolo, il Complesso della SS. Trinità delle Monache.

Come i lunghi e costanti studi di Angela D’Agostino (2017) non hanno mai smesso di sottolineare si tratta, per questo monumentale convento, di uno dei casi esemplari, ma non l’unico, di una tipologia di convento con chiostro aperto che, a Napoli, si posizionano in punti nei quali, in ragione della particolare forma del suolo sul quale si adagiano, vedono il ‘claustrum’ costituire, nella tensione che offre, un dispositivo di contemplazione del paesaggio. Se quindi «Nel Centro Antico della città, i conventi sono elementi di conferma della regola dell’impianto ippodameo [e] La sovrapposizione dei conventi sulla struttura a cardini e decumani costituisce [...] il più efficace modo di permanenza dell’integrità dell’impianto, delle misure, geometria e compattezza delle insule» (D’Agostino, Longo and Pagano, 1995, p. 31), già il Chiostro dei SS. Severino e Sossio, all'estremità sud del centro antico sul salto di quota verso il Pendino e i Quartieri Bassi, si costruisce nel tempo come addizione di chiostri lasciando però libero il fronte sud dell’isolato che guarda verso il mare ed è definito solo dalla presenza della facciata di ingresso della omonima Chiesa e dell’alto muro che sorregge il giardino a una quota più alta.

Ma è nel Complesso della SS. Trinità delle Monache che si realizza pienamente l’innovazione tipologica nel passaggio a un convento che qui si può propriamente definire a chiostro aperto e che, come è evidente stavolta nella edizione del 1670 della pianta ‘Fidelissimae Urbis Neapolitanæ cum Omnibus Viis Accurata et Nova Delineatio Aedita in Lucem ab Alexandro Baratta’ (Fig. 4), assume la forma a ‘U’ e, grazie alla acclività del terreno, costruisce un luogo terrazzato ancora separato dalla città ai suoi

piedi, protetto, ma aperto a guardare il paesaggio. Questo straordinario manufatto, che è stato a lungo parte della storia della città di Napoli, è diventato oggi un ‘gigante dormiente’.

Fino all’inizio dell’Ottocento, pur nella sua condizione di ‘alterità’ dalla città densa ai suoi piedi, il monumento stabiliva con essa una precisa relazione: «Sorto come convento immediatamente all’interno, e più precisamente al di sopra di un bastione, del tracciato delle mura urbane vicereali, nel 1566 segna, insieme ai conventi di Santa Lucia al Monte e di Suor Orsola Benincasa, il basamento della collina di Sant’Elmo in prossimità del Corso Maria Teresa d’età borbonica (oggi corso Vittorio Emanuele). D’altro canto, il tessuto immediatamente al di sotto del convento, definito a nord dalla permanenza del segno delle mura urbane e a sud dall’asse di Spaccanapoli (prolungamento del decumano inferiore), è direttamente informato e misurato dalla presenza del monumento» (D’Agostino, 2017, p. 20). La destinazione di tale edificio a Ospedale Militare, dopo la soppressione degli ordini ecclesiastici da parte di Gioacchino Murat, ha lentamente trasformato questa condizione di ‘alterità’ in una condizione di ‘esclusione’ e consentito che, all’interno del Complesso monumentale, s’innescasse, di fatto, un lento processo di continue trasformazioni culminato, dopo che anche i militari lo hanno lasciato, nell’attuale stato di totale abbandono con alcuni timidi ma inefficaci tentativi di animazione sociale. Il ‘gigante’ si è così definitivamente addormentato.

Nell’ambito delle attività sviluppate all’interno del DiARC (Dipartimento di Architettura) dell’Università di Napoli ‘Federico II’, sotto l’egida di un accordo di cooperazione scientifica tra il Dipartimento e l’Amministrazione Comunale di Napoli, chi scrive ha avuto occasione di sviluppare un progetto che è stato anche pretesto per riflettere ancora sul rapporto tra monumento e città (sotto l’indicativo titolo generale Across the Giant che ha raccolto l’attività coordinata di sette differenti gruppi del DiARC e altrettanti di altre Università italiane), declinando il tema della realizzazione di Un Monumento nel Paesaggio Urbano.<sup>4</sup>

**Il tema** | Una prima considerazione ha riguardato il fatto che la configurazione attuale del Complesso, confrontata con quella del monastero femminile sorto all’inizio del ’600, nonostante i numerosi interventi e le alterazioni subite nel corso del tempo, conserva una forma ‘potente’ in ragione della sua costruzione in stretta relazione con la morfologia dei luoghi e con la geografia della città. Con la soppressione del monastero e la destinazione a Ospedale Militare, in un tempo lungo quasi duecento anni, si sono succedute più o meno consistenti trasformazioni, le cui ragioni sono state di carattere meramente funzionale, incapaci di leggere i valori tipomorfologici del monumento che si sono quindi connotate come alterazioni di quella tipologia a corte aperta, sovente utilizzata a Napoli, come si è anticipato, per i conventi in posizione ‘so-preelevata’ per consentire un’apertura del chiostro sul paesaggio urbano e naturale pur mantenendo inalterata la condizione di separatezza dello spazio claustrale rispetto alla città.

Dei tre corpi posti a definizione del chiostro, il maggiore, che ospitava le celle delle monache, lungo circa centoventi metri e situato in prossimità del margine occidentale del Complesso, conserva la sua forma originaria, mentre dei due corpi minori, ortogonali al primo e lunghi circa quaranta metri, rimane oggi solo quello meridionale in rapporto alla Chiesa, lungo via Pasquale Scura. Altre numerose trasformazioni legate all'uso, operate dai militari, che si sono aggiunte al crollo della cupola (che, nel 1897, ha provocato la perdita di uno degli elementi di maggiore significato del monumento sia dal punto di vista del pregio della costruzione sia da quello delle relazioni che il complesso instaurava alla scala urbana), richiedono oggi un progetto di architettura unitario che coinvolga l'intero complesso e che non perseguia ancora la logica della frammentazione degli interventi, ma miri, piuttosto, a ripristinare la perduta definizione formale e spaziale del monumento, attraverso un attento 'costruire nel costruito' (Fig. 5).

'Costruire nel costruito' è una espressione diventata oggi uno slogan che genericamente, facendo riferimento a una condizione dei nostri territori totalmente antropizzati e delle nostre città alle quali viene chiesto di recuperare il patrimonio esistente – estensivamente inteso – limitando il consumo di suolo, tende a includere qualsiasi atto dell'operare architettonico. L'espressione, già introdotta da vari autori e in particolare da Renato De Fusco (1988) che la annovera tra le 'micrologie' della temperie postmoderna nella sua celeberrima Storia dell'Architettura Contemporanea, è invece ben più carica di senso e viene ripresa dall'autorevole storico nel titolo di un capitolo di un suo libro dedicato a Napoli (De Fusco, 1994) per definire i caratteri dell'operazione attuata dal Programma Straordinario di Edilizia Residenziale (PSER) dopo il terremoto dell'Irpinia del 1980

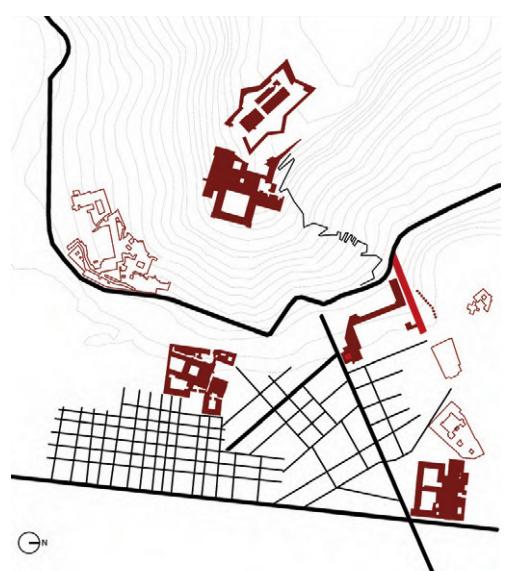
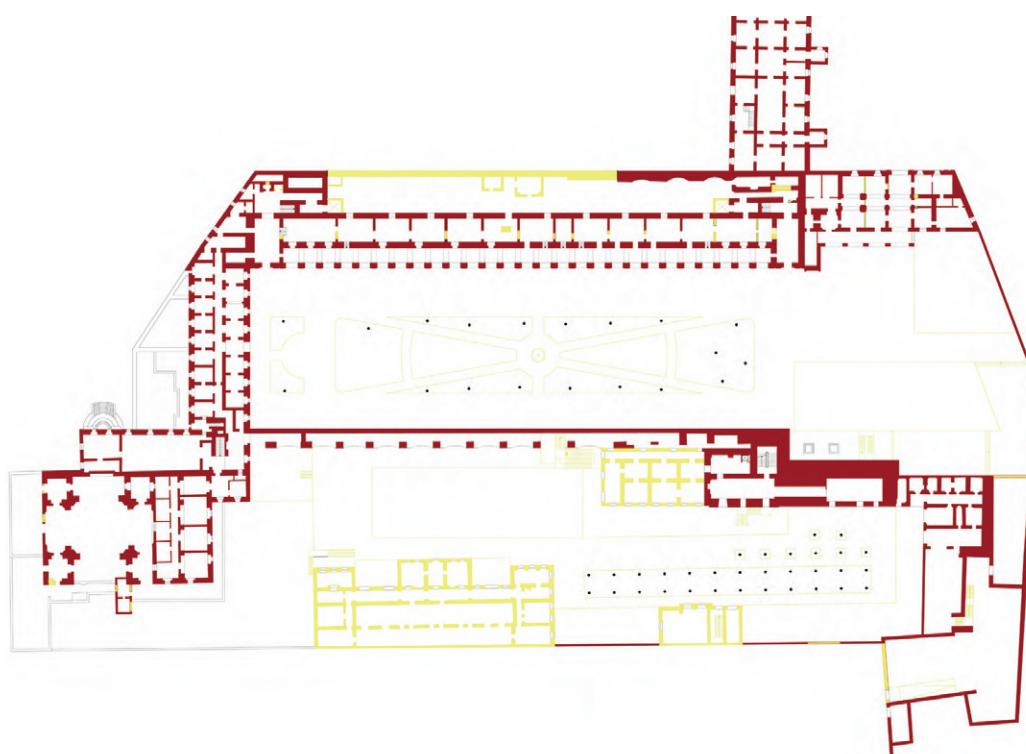
attraverso interventi di riqualificazione urbana realizzati come inserimenti puntuali – talvolta di completamento talvolta di ricostruzione – nei centri storici dell'area metropolitana di Napoli. Peraltro qualche anno prima, in una raccolta di saggi brevi, De Fusco (1992) aveva utilizzato l'espressione 'costruire nel costruito' facendola assurgere a possibile categoria per l'intervento nei centri storici, richiamando esplicitamente la gregottiana 'architettura come modifica' (Gregotti, 1984).

Il grande interesse delle riflessioni proposte dallo storico/teorico napoletano risiede, dal punto di vista di chi scrive, nel porre l'accento, a proposito di un intervento di riqualificazione nei contesti stratificati delle nostre città storiche sempre più ineludibile, sia sull'insufficienza della cultura della conservazione sia sulla inadeguatezza del 'caso per caso', spesso inteso come unica risposta possibile alla domanda di architettura che le città e i loro monumenti pongono per continuare a essere 'abitati'. Riflessioni che non si può non condividere. Da un lato, infatti, è indubbio che l'attenzione 'architettonica' ai contesti resi sensibili per la presenza di rilevanti valori – storici ma ancor più formali – sia una specificità della cultura architettonica italiana, consolidatasi nel corso della seconda metà del Novecento soprattutto nell'ambito disciplinare della Composizione Architettonica e Urbana<sup>5</sup>, dall'altro bisogna tuttavia riconoscere come, alla elaborazione di un pensiero teoretico originale, non abbia corrisposto una sperimentazione altrettanto significativa e ampia legata all'architettura e al suo farsi, proprio per l'affermarsi di una cultura della conservazione che, in un eclatante paradosso, pare voler rinunciare a che 'la nostra epoca possa esprimere una propria grandezza', tralasciando in questo modo di riconoscere che la ricchezza di valori che i nostri patrimoni architettonici e urbani esprimono derivi proprio dalla loro ininterrotta stratificazione.

Intervenire sui monumenti urbani – come nel caso del Complesso della SS. Trinità delle Monache – è una operazione che richiede invece di tornare a ragionare del rapporto tra conoscenza e progetto, da intendersi come due momenti interrelati dell'agire architettonico che non è possibile trattare come distinti. Il progetto è lo strumento, in architettura, di conoscenza del mondo, quello attraverso il quale si esprime un giudizio critico sul reale, in vista della sua modificazione efficiente. A dimostrazione di tali considerazioni generali, il progetto per l'ex-Ospedale Militare di Napoli intende appunto proporre una ridefinizione complessiva del monumento, anche – o forse soprattutto – nella sua relazione con la città e il paesaggio che aspira a ottenere un equilibrio generale della composizione e un concerto delle parti nel tutto: requisiti necessari per determinare una trasformazione adeguata al rango di tale elemento primario.

Sostenendo la teoria secondo la quale il progetto di architettura è il dispositivo di dialogo con il reale in vista della sua trasformazione, si è ritenuto indispensabile che il progetto si configurasse innanzitutto come interrogazione sul rapporto tra l'edificio e l'architettura della parte urbana in cui si colloca, e, in senso più ampio, con la città tutta. Solo in questo modo è possibile attivare il processo di trasformazione della città contemporanea e, se la conoscenza del passato consente di rinvenire l'individualità di un fatto urbano, così come scrive nel 1966 Aldo Rossi, allora tale passato può farsi termine di confronto e di misura per l'avvenire, in un gioco dialettico tra permanenza e aggiunta di nuove forme.

**Il progetto di architettura** | Il progetto<sup>6</sup> dunque, che ha rappresentato un'importante occasione di riflessione sui rapporti tra architettura e natura, architettura e morfologia urbana,



**Figg. 5, 6** | SS. Trinità delle Monache Complex: plan of the current state with, in yellow, the expected demolitions; the typological reconfiguration of the monument and the city (credits: R. Capozzi and F. Visconti).



Figg. 9, 10 | SS. Trinità delle Monache Complex: sketches (credits: R. Capozzi).

Figg. 7, 8 | SS. Trinità delle Monache Complex: the form of the ground, the layout, the current state, and the project; the 'new arm' and the 'tower', cornerstones of the re-composition of the historical monument (credits: R. Capozzi and F. Visconti).

architettura e identità dei luoghi, si è posto l'obiettivo di innalzare la qualità morfologica e architettonica del complesso, lavorando per 'punti notevoli', cioè su quei luoghi disponibili alla trasformazione e alla definizione di nuove parti o aggiunte riconoscibili (Fig. 6). Pertanto, la Große-form proposta, che ambisce a essere «[...] rispondente alla nostra interrogazione sul senso» (Moccia, 2012, p. 9), viene suggerita dalla peculiarità del luogo, dall'analisi urbana e architettonica effettuata e, in questo caso, dalla volontà e il dovere, da architetti e studiosi dei fenomeni urbani, di aspirare a una possibile ricomposizione della scala perduta dell'edificio rispetto alla città tramite la costruzione di due

elementi principali (Fig. 7): da una parte il nuovo braccio in sostituzione dell'antico elemento di definizione del chiostro a ricomporne la figura generale e, dall'altra, la torre che si eleva dalle rovine ancora riconoscibili dell'antica Chiesa a croce greca. I due elementi posti a distanza, bilanciandosi alle due estremità del complesso, ambiscono a rappresentare nuovi 'caposaldi' architettonici: elementi di riferimento e di orientamento nel paesaggio urbano e naturale circostante (Fig. 8).

In particolare, il lungo braccio che cinge a nord lo spazio aperto della corte, ora indefinito e incompiuto, nel lasciare libero il passaggio al piano terra, sollevandosi su alcuni nuclei/torri con-

tenenti i corpi scala e gli ascensori, intende stabilire una connessione tra edifici e contesto capace di mettere in relazione il 'dentro' e il 'fuori', rendendo, al tempo stesso, il chiostro partecipe dello spazio della 'internità' che si viene a determinare e di quello della 'esternità' (Figg. 9, 10). Le torri che attraversano e sostengono il volume permettono di arrivare in cima, sul belvedere collegato al Corso Vittorio Emanuele, da cui si gode della vista del complesso, della città e del paesaggio, da un punto di osservazione inedito posto al centro della 'stanza territoriale' di riferimento a una quota alta, quella di mezza-costa, che viene progettata in avanti sino a lambire il limite delle antiche murazioni.

La proposta progettuale prevede la collocazione, all'interno del nuovo braccio, come previsto dal Programma d'iniziativa comunitario URBACT III – 2nd Chance-waking Up the Sleeping Giants, di laboratori destinati a possibili e flessibili utilizzi (laboratori artigianali, accademia della musica, sartorie e attività legate alla filiera tessile). Si tratta di attività di varia natura organizzate in uno spazio regolare e ordinato scandito, all'interno, da una serie di doppie altezze, dai corpi contenenti gli elementi distributivi prima descritti, nonché dai servizi. Per quanto attiene ai caratteri architettonici esterni, essi sono determinati dalla ripetizione di travi reticolari, con puntoni, saette e arcarecci, ordite secondo un modulo quadrato con un esplicito riferimento al modello della Convention Hall di Mies van der Rohe, a sua volta connettibile alla costruzione dei ponti come, ad esempio, il Washington Bridge. Il braccio, inoltre, al piano di imposta completamente libero, realizza un inconsueto riparo allungato che consente, attraverso le risalite e i nuclei di collegamento, di collegarsi a una sala ipostila ricavata nel terrapieno della murazione, in connessione con le cavità ritrovate al di sotto dell'antico braccio settentrionale demolito, e dedicata all'esposizione dei prodotti realizzati nei laboratori artigianali (Figg. 11, 12).

In posizione opposta, all'estremità sud-orientale del complesso, il nuovo corpo si fonda sulle rovine dell'antica Chiesa, configurandosi come uno spazio introverso, chiuso e compatto verso l'esterno alla base e coronato in sommità da una lanterna ottagonale da cui entra la luce. Il nuovo corpo ottagono intende compensare il crollo del 1897 dell'alta cupola della Chiesa che, come detto, aveva un importante ruolo di 'landmark' urbano, evidente anche nelle vedute storiche della città di Napoli, e consentire così l'uso dello spazio interno come sala di lettura a tutta altezza illuminata dall'alto. Oltre ai due capisaldi, elementi ordinatori della composizione generale a scala urbana, il progetto prevede la sistemazione di tutte le attività compatibili (ostello della gioventù, spazi ricreativi ed esplosivi) che il Programma URBACT propone all'interno del corpo lungo, e il conseguente ripristino funzionale e distributivo di tutti gli ambienti tramite la collocazione di servizi igienici, ascensori e rampe di scale. In particolare, si è scelto di posizionare lo studentato nell'edificio che conteneva le celle delle monache, collegandolo, tramite una 'corte aerea' dedicata ad attività scolastiche e di studio, all'edificio dell'esistente Istituto Scolastico 'Antonio Serra' posizionato immediatamente alle spalle (Figg. 13, 14).

Infine, per la terrazza inferiore si propone l'eliminazione di alcuni manufatti incongrui e senza pregio che, all'epoca dei militari, avevano intasato in maniera arbitraria l'ultimo spalto a valle: si è scelto, così, di conservare solo gli ambienti risalenti all'epoca della fondazione del complesso monastico e di ricavare un nuovo volume incassato nel suolo, dedicato alle attività di quartiere (consultori, servizi sanitari di prima necessità, spazi per la socializzazione), definito da due patii che permettono, tra l'altro, la conservazione di alcune essenze arboree di pregio. Per quanto attiene, più in generale, al

progetto dei giardini pensili, è stato proposto un ridisegno complessivo degli spazi aperti che, nel rispetto delle alberature preesistenti, fosse in grado di porsi in stretta relazione con i percorsi studiati per l'accesso alle varie aree del complesso, realizzando, di fatto, una continuità ancora possibile tra le pendici di Sant'Elmo e la città bassa in un processo di progressiva artificializzazione del suolo (terrazzamenti, sostruzioni) e delle forme naturali (Figg. 15, 16).

Il tema del riuso del patrimonio immobiliare dismesso e degli 'scarti' (Pavia, Gasparrini and Secchi, 2014) – che il 'metabolismo urbano' (Carta and Lino, 2015) produce – costituisce una questione oggi di grande attualità. La imponente mole di studi recentemente prodotti (Marini and Corbellini, 2016), tuttavia, sembra prediligere l'ipotesi di ri-usi temporanei degli spazi indifferenti alle loro qualità tipologiche e formali che approdano talvolta finanche alla estetizzazione dello stato di abbandono cui le architetture e i luoghi sono stati condannati. Peraltra, la dismissione come 'condizione di attesa improduttiva' (Marzot, 2017) riguarda oggi non più soltanto le grandi aree industriali ma manufatti molto differenti per collocazione, dimensione e valore e, se è vero che la loro riattivazione passa anche per la capacità dei soggetti politici, oltre che tecnici, di immaginare azioni e coinvolgere attori (Piperata, 2017), non si può, dal punto di vista di chi scrive, non ribadire che il lavoro dell'architettura e del suo progetto è quello, innanzitutto, di costruire spazi per l'abitare dell'uomo che siano catalizzatori non tanto di usi quanto piuttosto di una forma capace di rappresentare valori collettivi.

Così, nel caso dell'ex-Ospedale Militare di Napoli – Complesso architettonico di grande valore urbano non 'rifiutato' quanto piuttosto 'sottratto' alla città – l'ambizione e l'obiettivo assunti dal progetto sono consistiti nel voler intenzionalmente costituire/ri-costruire – ricercando un legame con la città storica a livello figurativo e compositivo, e riconnettendo spazi della città che risultano oggi frammentati – un 'novo sed antiquo' caposaldo capace di contribuire a un più ampio ordinamento, nella convinzione che il progetto sia un atto di conoscenza del reale e lo strumento per fondare e ri-fondare, per una lunga durata, i luoghi della vita degli uomini.

---

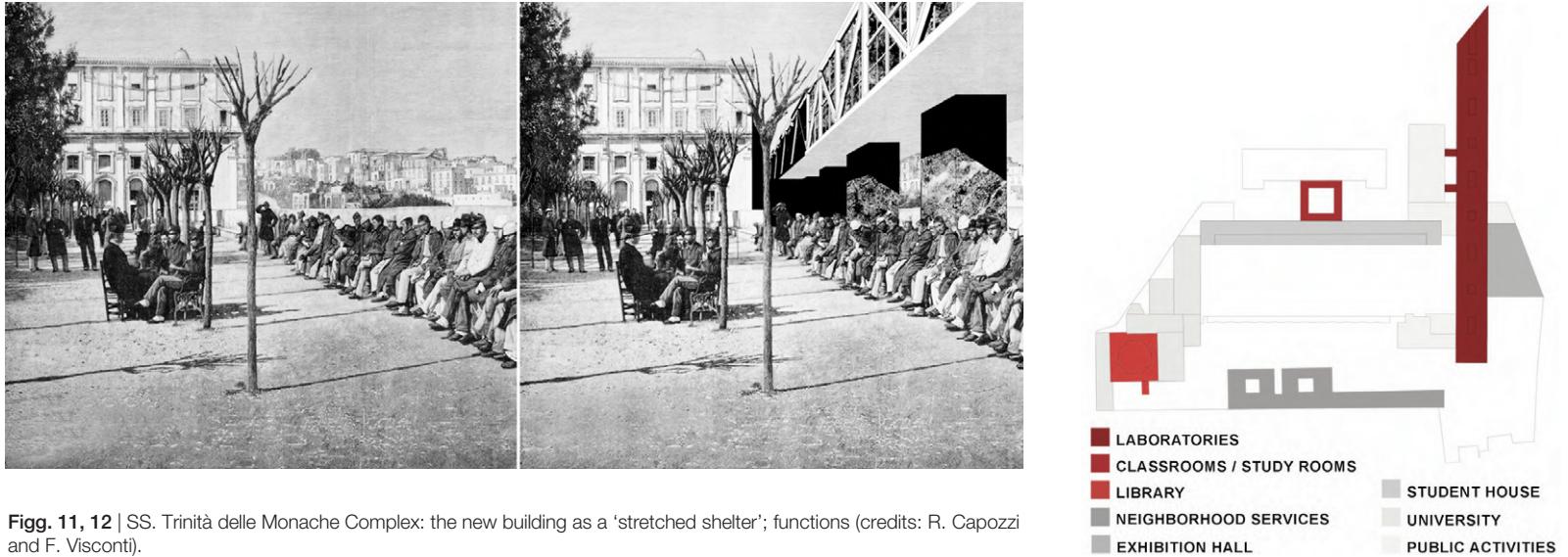
Naples is a 'city by parts' (Fig. 1). The observation of its map, through 'not innocent'<sup>1</sup> eye, demonstrates clearly this affirmation. The city of Naples, starting obviously from the finite and defined 'figure' of the Greek-Roman centre, through the isotropic grid of the Spanish Quarters, up to the eastern enlargement of the city in the Nineteenth and Twentieth centuries and, then, on the hills, has always enlarged itself by 'parts' that maintained their formal autonomy and intelligibility, expressing different ideas of city in the relationship between urban morphology and building typology. The quoted three urban areas – ancient centre, Spanish Quarters and enlargements of the Nineteenth century – obviously represent declinations of the same idea of compact city, even if with a pervasive

use of the elementary 'domus' studied by Caniggia (1997), then replaced by the 'palazzo' (Savarese, 1991), in the historical centre, of the block building with courtyard in the Spanish Quarters and of the urban block in the latest expansion. In all these cases, the idea of city is related to buildings that are aligned along the streets, in order to 'define urban curtains' and fill the block even if with different level of 'porosity'<sup>2</sup>, so that, in a hypothetic Schwarzplan drawing (map of the road system) and Straßenbau (map of the building) the first is the negative of the second differently of what happens in the 'modern' city (Visconti, 2017).

Nevertheless, Naples not always was modified through enlargements and additions of formally defined 'parts'. It is not by chance that, during the Enlightenment, Carlo III di Borbone didn't promote the construction of new residential areas but, with the aim of transforming Naples in a 'capital city', decided of building monuments – primary elements, following Aldo Rossi (1982) – that assumed above all a polar value of placement at the territorial scale. Ferdinando Fuga is the main protagonist of this modification in his role of architect of Albergo dei Poveri and Granili that, together with Reggia di Capodimonte by Giovanni Antonio Medrano, are placed in an ideal triangulation and underline the arrival in a capital city to all who came from the north-east and south-east peripheries of the Reign, beyond their functions – hospice-prison for the poor the first, grain warehouse for the harbour the second.

The project for the former Military Hospital of Naples, coherently with this general lecture of the 'drawing of the city'<sup>3</sup> – and in the belief that each architectural project is always a critical judgement on a reality that, through the project, can be known in view of its modification – is located in Montecalvario quarter which includes the above-mentioned Spanish Quarters. A previous, analytical but also of design, study on this quarter – also referable to a general way of thinking the project in the city (Capozzi, 2019) – is represented by the research of Salvatore Bisogni (1994) that identified Montecalvario as an urban part, defined to the north from the winding line of Corso Vittorio Emanuele, a panoramic road at the foot of the Sant'Elmo hill, and to the south from via Toledo axis. The studies by Bisogni deeply defined Montecalvario as a part defined by four sub-parts – Centrale, Raddoppio, Magnocavallo, Pignasecca – that correspond to some rotation of the grid-related to the shape of the ground following the level curves, in this way underlining the relationship between residential areas and monuments that are the cornerstones of the urban fabrics, influencing their alignments (Fig. 2): Suor Orsola Benincasa and Santa Maria Ognibene Complexes, Montecalvario Church and Convent, the Church and the Hospital of Pellegrini, the Spirito Santo Complex, the Convents of Montesanto, Trinità degli Spagnoli and Sette Dolori and, precisely, the SS. Trinità delle Monache Complex, well-known also, for the last hosted function for two centuries, as former Military Hospital.

In other words, in this part of the city, the possibility of having a confirmation of that 'the-



**Figg. 11, 12 | SS. Trinità delle Monache Complex: the new building as a 'stretched shelter'; functions (credits: R. Capozzi and F. Visconti).**

ory of urban facts' elaborated by Aldo Rossi starting «[...] from the identification of the city itself as an artifact and from its division into individual buildings and dwelling areas» (Rossi, 1982, p. 22) is evident. Rossi thinks that the city lives in this dialectic: the residential areas are those that absolve the function of the private inhabiting, the monuments are those related to the public inhabiting. Despite in the Introduction to the book the existence of 'two major systems', two points of view, from which it is possible to face the study of the city – «[...] one that considers the city as the product of the generative-functional systems of its architecture and thus of urban space, and one that considers it as a spatial structure» (Rossi, 1982, p. 23) – are described and both considered important, Rossi clearly states his point of view: the city is construction, the city is architecture.

Thus, referring to residential areas, the city is analysable through a definition of the 'parts' that are different in form, limits and dimensions and that are referable to different ideas of city that, in singular historical times, were able to represent collective values of a shared inhabiting. In this sense, Rossi's thought is clear when he affirms that «[...] To take the dwelling as a category in itself does not mean to adopt a functional criterion of urban-land use division but simply to treat an urban artifact in such a way that it is in itself primary in the composition of the city. [...] One cannot argue [...] that a dwelling is something amorphous [...] The form in which residential buildings are realized, the typological aspect that characterizes them, is closely bound up with the urban form» (Rossi, 1982, p. 70). Thinking of dialectic between residential fabric and monuments in Montecalvario, even more interesting is that the author of *The Architecture of the City* defines 'primary elements' those that «[...] When we consider the spatial aspect [of them] and their role independent of their function, we realize how closely they are identified within their presence in the city. They possess a value "in themselves", but also a value dependent on their place in the city» (Rossi, 1982, p. 87) and they are «[...] signs of the collective will as expressed through the

principles of architecture» (Rossi, 1982, p. 22).

**The sleeping giant** | A relevant 'value dependent on its place', besides a 'value in itself', is that of SS. Trinità delle Monache Complex in Naples. In *La Pianta di Napoli Dupérac-Lafréry* of 1566 (Fig. 3) – a bird's view as in the usual representation of the city of that time – the place where today the monumental Complex is built appears free of constructions but, looking deeply, it seems to have a singular character: the city walls are visible with their bastions, outside there is the Sant'Elmo castle on the hill and is well-observable the Pedamentina path with its tortuous course on the slope that has to be overcome from the castle to the city gate. Here, between the wall and the Pedamentina, the knoll on which the SS. Trinità delle Monache Complex will be built in the first decade of the Seventeenth century is located.

The deep and continuous studies by Angela D'Agostino (2017) has never stopped to underline that this monument is one of the exemplar cases in Naples, even if not the only one, of a typology of Convent with an open courtyard, located in places from where, due to the singular form of the ground where they are placed, the 'claustrum' represents a device of contemplation of the landscape. Thus, if «In the Ancient centre of the city, the convents are elements of confirmation of the rules of the Hippodameic fabric [and] The superimposition of the convents on the structure of cardini and decumani constitutes [...] the most effective way of permanence of the integrity of the urban plan, of the measurements, geometry and compactness of the insule» (D'Agostino, Longo and Pagano, 1995, p. 31), already the SS. Severino e Sossio Cloister, at the south boundary of the ancient centre on the slope toward Pendino and Quartieri Bassi, was built over time as addition of cloisters freeing the south side of the block facing the sea that is defined only for the presence of the façade of the homonymous Church and for the high wall that supports the garden at a higher level.

The SS. Trinità delle Monache Complex fully realizes the typological innovation realizing a

Convent now properly definable with an open cloister that, as evident now in the 1670 edition of the map 'Fidelissimae Urbis Neapolitanæ cum Omnibus Viis Accurata et Nova Delineatio Aedita in Lucem ab Alexandro Baratta' (Fig. 4), assumes the 'U' shape and, thanks to the steepness of the ground, builds a terraced place, still separated from the city below and protected, even if open toward the landscape. This extraordinary architectural artefact, that was for a very long time part of the city history, is now become a 'sleeping giant'.

Until the beginning of the Nineteenth century, the monument established a precise relationship with the dense city at its feet, even if in its condition of 'otherness': «Built as a convent immediately inside, and precisely above a bastion, of the path of the vice-regal city walls, in 1566 it defines, together with the convents of Santa Lucia al Monte and Suor Orsola Benincasa, the support plane of Sant'Elmo hill near the Bourbon Corso Maria Teresa (today Corso Vittorio Emanuele). On the other hand, the urban fabric immediately above the Convent, defined in the north side for the permanence of the sign of the urban walls and to the south from the Spaccanapoli axis (extension of the inferior decumano), is directly defined and measured by the presence of the monument» (D'Agostino, 2017, p. 20). The intended use of this building as Military Hospital, after the suppression of ecclesiastic orders by Gioacchino Murat, slowly transformed this condition of 'otherness' in a condition of 'exclusion', allowing a long process of continuous transformations ended, after the military left it, in the current state of abandonment with some shy and ineffective attempts of social animation. In this way, the 'giant' has definitively fallen asleep.

As part of the activities under the aegis of the scientific cooperation agreement between the DiARC (Department of Architecture) of the 'Federico II' University of Naples and the Municipality of Naples, a project has been developed by the authors of this paper as occasion to reflect again on the relationship between monument and city (with the general title Across the Giant that collected the coordinated activities of seven teams of the DiARC and seven of oth-

er Italian Universities), interpreting the theme of the realization of A Monument in the Urban Landscape.<sup>4</sup>

**The theme** | A first reflection concerns the current configuration of the Complex that preserves, compared with that of the female monastery built at the beginning of the Seventeenth century, despite the several modifications and alterations happened over the time, a ‘powerful’ form related to its construction in strict relationship with the morphology of the places and the geography of the city. After the suppression of ecclesiastic orders and the new use as Military Hospital, during a time long two hundred years, several relevant transformations were realized for functional reasons, demonstrating the incapability of interpreting the morphological and typological values of the monument. In this way, the open courtyard typology was significantly altered, a typology often used in Naples, as said, for the convents in an ‘overhead’ position in order to allow the opening of the cloister toward the urban and natural landscape while saving the condition of separation of the clostral space from the city.

The major of the three blocks that define the cloister hosted the nuns’ cells and is one hundred and twenty metres long: placed on the west boundary of the Complex, it has still today its original form while only the one on the south remains, near the Church along via Pasquale Scura, of the two minor blocks, orthogonal to the first and approximately forty metres long. Many other transformations related to the use, realized by the military, added to the collapse of the dome (that, in 1987, determined the loss of one of the most meaningful elements of the monument from the point of view of its architectural quality and its system of relationship at the urban scale) and, for this reason, today an overall architectural project involving the whole Complex appears necessary, avoiding the logic of the fragmentation and aiming to restore the lost formal and spatial qualities of the monument, through a careful ‘building in the built’ (Fig. 5).

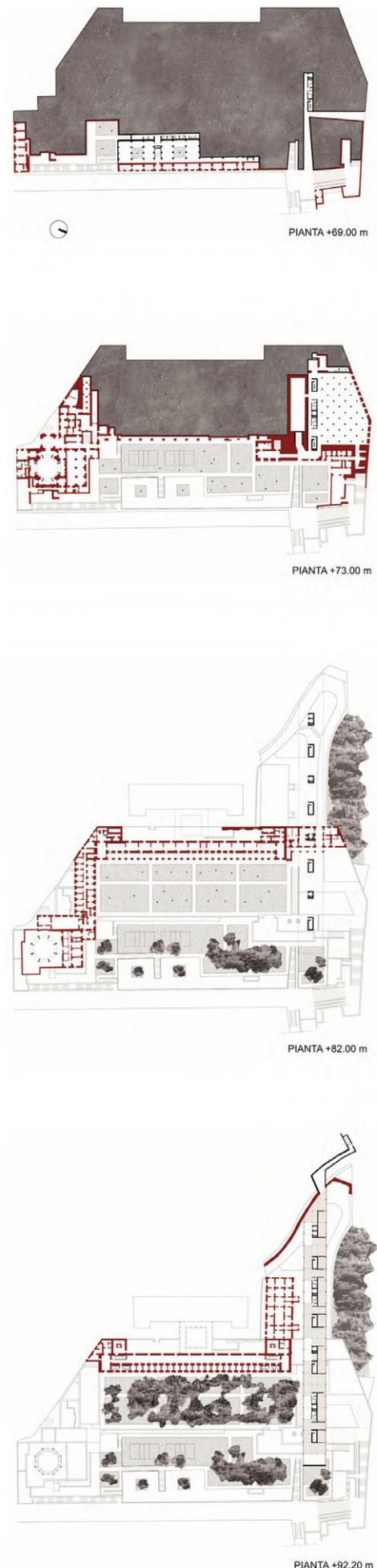
‘Building in the built’ is an expression that has become today a kind of slogan that, in a really generic way, is referred to a condition of our totally anthropized territories and cities to which recovering the existing heritage – extensively understood – is asked for, limiting the consumption of soil: in this way the expression tends to include any act of the architectural work. Nevertheless, the expression – introduced by several authors and particularly by Renato De Fusco (1988) that counts it among the ‘micrologies’ of the postmodern age in his famous *Storia dell’Architettura Contemporanea* – is much more full of meaning and is used by the prominent historian of architecture as title of a book’s chapter dedicated to Naples (De Fusco, 1994) to define the characteristics of the operation carried out by the Extraordinary Residential Building Program (Programma Straordinario di Edilizia Residenziale – PSER) developed after the Irpinia’s earthquake of 1980, a plan implemented through many redevelopment interventions realized through punctual insertions – sometimes of completion, sometimes

of reconstruction – in the historical centres of the metropolitan area of Naples. In fact, already a few years earlier, De Fusco (1992) used the expression ‘building in the built’ in a collection of short essays, making it a possible category for intervention in the historical centres, referring explicitly to the definition of ‘architecture as modification’ by Vittorio Gregotti (1984).

The relevant interest in De Fusco’s reflections is in the fact that the Neapolitan historian/theorist underlines – regarding the intervention in the stratified contexts of our historical cities that he considers as increasingly unavoidable for their redevelopment – both the ‘deficiency’ of culture of conservation and the inadequacy of a ‘case by case’ logic, often understood as the only possible answer to the question of architecture that cities and their monuments put in order to continue ‘to be inhabited’. These reflections must be shared. In fact, on one hand, there is no doubt that the ‘architectural’ attention to contexts made sensitive by the presence of relevant values – historical but even more formal – is a specificity of the Italian architectural culture, consolidated during the second half of the twentieth century especially in the disciplinary area of Architectural and Urban Composition<sup>5</sup>. However, on the other hand, it must be recognized that the elaboration of an original theoretical thought has not been accompanied by an equally significant and extensive experimentation linked to architecture and its making, precisely because of the affirmation of a culture of conservation that, in a conspicuous paradox, seems to renounce that ‘our age can express its own greatness’, renouncing, in this way, to recognise that the wealth of values that our cities and our territories express derives from their uninterrupted stratification.

Working on the urban monuments – as in the case of the SS. Trinità delle Monache Complex – is an operation that, instead, requires reasoning again on the relationship between knowledge and project, intended as two interrelated moments of the architectural action that is not possible considered separated. The project is the instrument, in architecture, for the knowledge of the world; only in this way it is possible to express a critical judgment on the reality, in view of its efficient modification. In order to demonstrate these general reflections, the project for the former Military Hospital in Naples intends precisely to propose a general redefinition of the monument, also – or better above all – in its relationship between city and landscape that aspires to achieve a general equilibrium of the composition and a harmonization of the parts in the whole: necessary requirements to determine an appropriate transformation to the rank of this primary element.

According to the theory that defines the project as the device of dialogue with the reality for its transformation, it was considered essential to configure the project primarily as a sense question on the relationship between the building and the architecture of the urban part where it is located and, in a wider sense, with the whole city. Only in this way, it is possible to activate a process of transformation of the contemporary city and, if the knowledge of the past



**Fig. 13** | SS. Trinità delle Monache Complex: plans at the different levels (credit: R. Capozzi and F. Visconti).

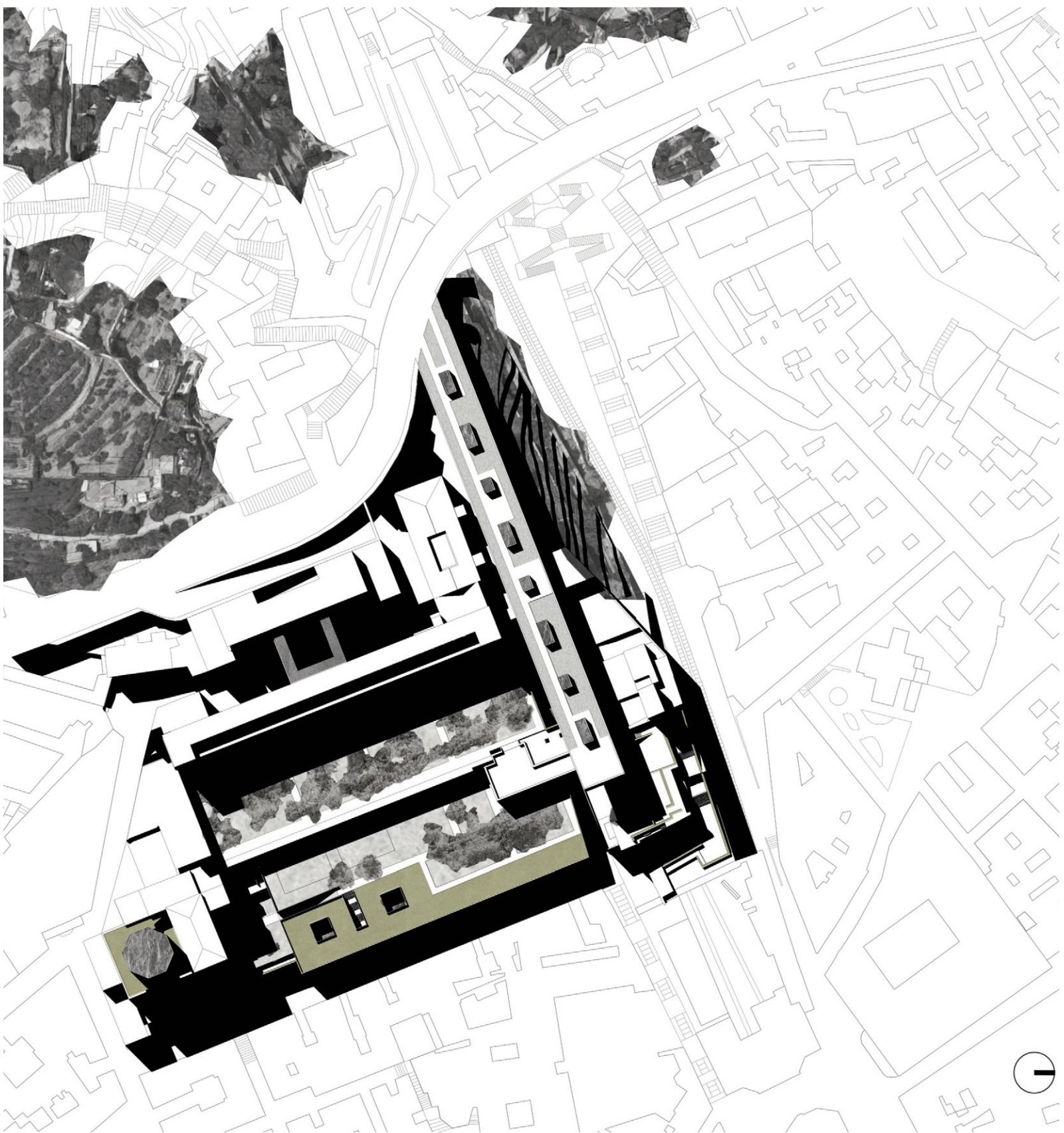


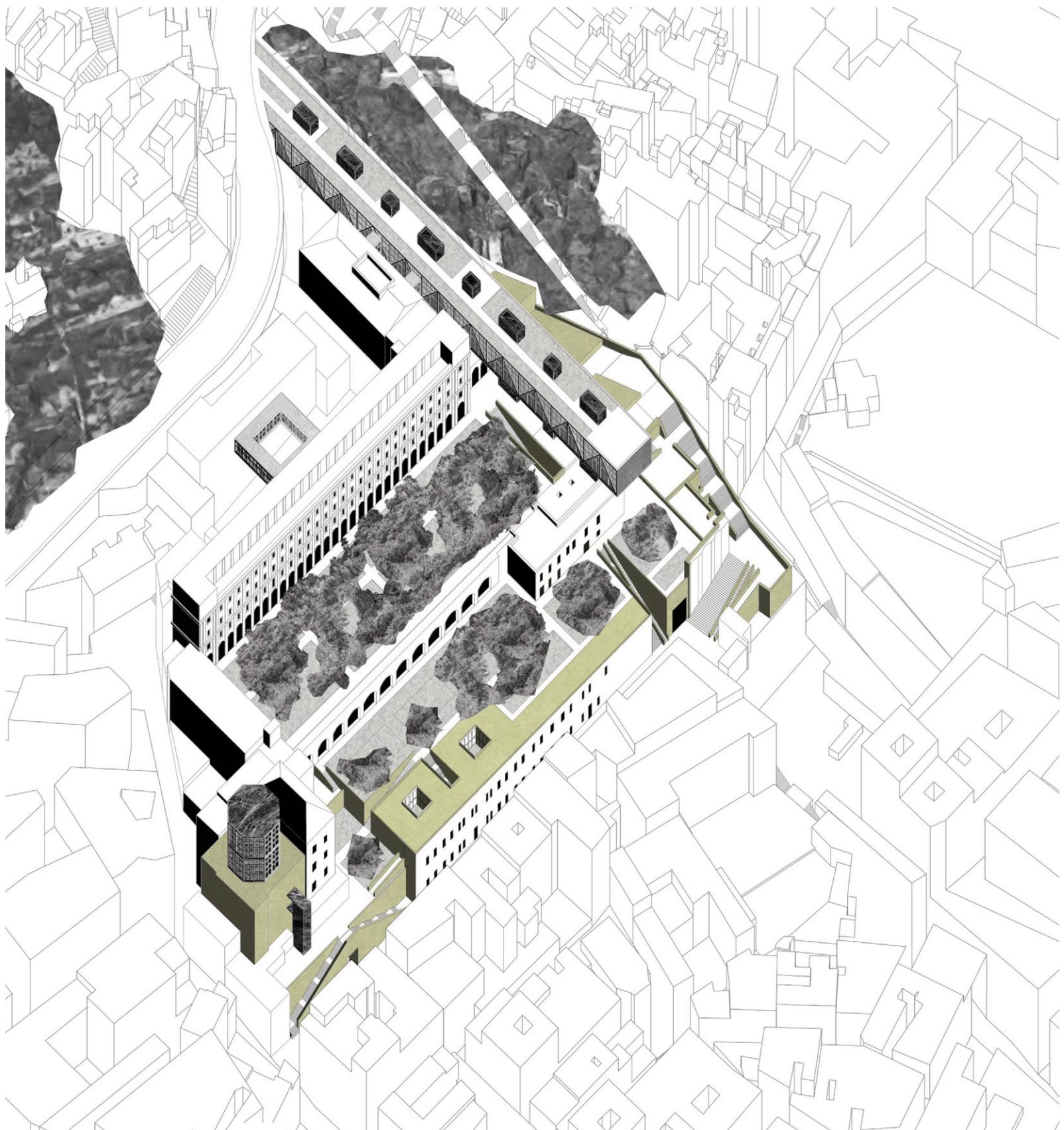
Fig. 14 | SS. Trinità delle Monache Complex: roof plan in the context (credit: R. Capozzi and F. Visconti).

allows to identify the ‘individuality of an urban artifact’, as Aldo Rossi wrote in 1966, then this past can become a term of comparison and measurement of the future, in a dialectic play between permanence and adding new forms.

**The architectural project** | Thus, the project<sup>6</sup>, that represented a relevant occasion of reflec-

tion on the relationship between architecture and nature, architecture and urban morphology, architecture and identity of places, aims to improve the morphological and architectural quality of the Complex working through ‘remarkable points’ that is on those places available for transformation and definition of new parts or recognizable addition (Fig. 6). There-

fore, the proposed Großeform, that aims to be «[...] coherent with our question on the sense» (Moccia, 2012, p. 9), is suggested by the peculiarity of the place, by the urban and architectural analysis and, in this case, by the will and duty of aspiring to, as architects and scholars of the urban phenomena, a possible re-composition of the lost scale of the building



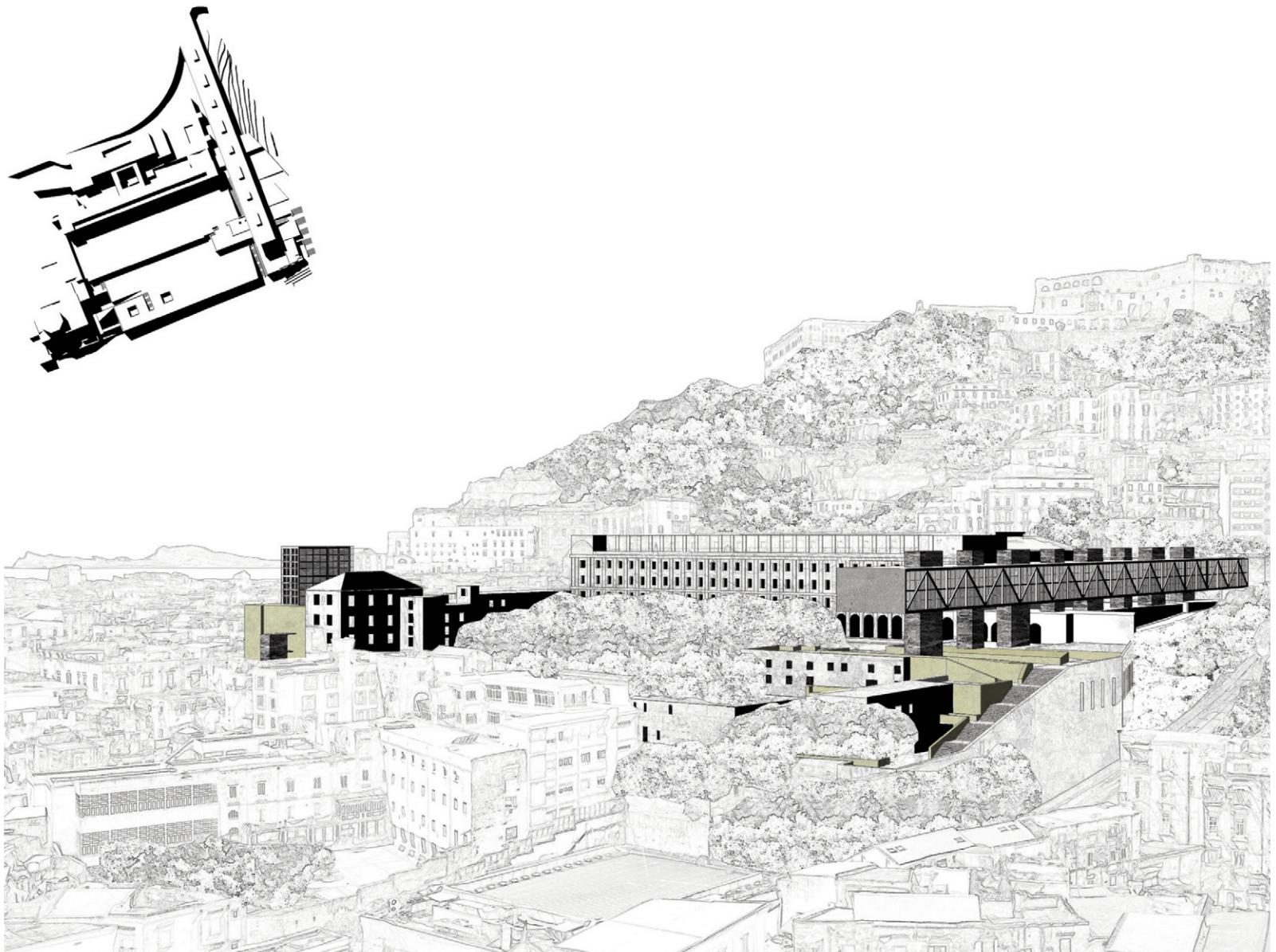
**Fig. 15** | SS. Trinità delle Monache Complex: axonometry (credit: R. Capozzi and F. Visconti).

related to the city through the construction of two main elements (Fig. 7): on one hand the new block that replace the ancient demolished block in order to re-compose the general figure of the cloister and, on the other hand, the tower elevated from the ruins still recognizable of the ancient Church with a Greek cross plan. These two elements placed at dis-

tance, balancing themselves at the two edges of the Complex, want to represent new architectural ‘cornerstones’: references and elements of orientation in the surrounding, urban and natural landscape (Fig. 8).

In detail, the long block that defines to the north the open space of the courtyard, at the moment no defined and completed, intends to

establish a connection between buildings and context able to relate the ‘inside’ and the ‘outside’, freeing the passage on the ground floor and heaving on some nucleus/towers where stairs and lifts are. In this way, the cloister becomes part of the ‘interior spatiality’ that is now determined and of the ‘exterior spatiality’ (Figg. 9, 10). The towers that cross and sup-



**Fig. 16** | SS. Trinità delle Monache Complex: perspective view (credit: R. Capozzi and F. Visconti).

port the volume allow to reach the top, on the belvedere connected to the Corso Vittorio Emanuele, from where the view of the Complex, the city and the landscape can be enjoyed from a not usual point of view placed in the middle of a 'territorial room', halfway along the slope, that is projected forward until it touches the limit of the ancient city walls.

The proposal provides for the placement, in the new block, as required by the European Program URBACT III – 2nd Chance-waking Up the Sleeping Giants, of laboratories for possible and flexible uses (artisan laboratories, music academy, tailoring and activities related to the textile sector). These are various activities organized in a regular and ordered space, inside punctuated by double-heights, blocks that contain the vertical connections and services. Regarding the external architectural features, they are defined by the repetition of the truss beams, with struts and purlins, organized on a square module with an explicit reference to the Convention Hall by Mies van der Rohe, in turn referable to the bridge construction as, for example, the Washington Bridge. Moreover, the new

block, completely free on the ground floor, realizes an unusual, elongated shelter that allows, through the towers of connection, to reach a hypostyle hall in the embankment of the city wall connected to the cavities discovered under the ancient demolished block, dedicated to the exhibition of the products realized in the artisan laboratories (Figg. 11, 12).

On the opposite side, at the south-east edge of the Complex, the new block is based on the ruins of the ancient Church and represents an introvert and compact space toward the outside on the ground floor and crowned at the top by an octagonal lantern from which the light can come in. The new octagonal building compensates the collapse in 1897 of the high dome of the Church that, as said, had an important role of urban landmark, evident also in historical views of Naples, allowing the use of the interior space as a high reading-room lighted from above. Beyond these two cornerstones, elements of order in the general composition at the urban scale, the project provides for the arrangement of all the compatible activities (youth hostel, exhibition and recreation

spaces) that the URBAN Program proposes in the longer block, with the necessary functional and distributive restoration of all the spaces through the installation of sanitary services, lifts and stairs. The student house has been located in the building of the nuns' cells, connecting it, through an 'elevated courtyard' for the school and study activities, to the existing building of the School 'Antonio Serra' immediately behind (Figg. 13, 14).

Finally, for the lower terrace, the elimination of some incongruous and without value buildings that the military built is proposed because they wrongly occupied the last downstream terracing. Thus, only the spaces of the age of the foundation of the monastic Complex were saved and a new volume embedded in the ground was realized for social activities (basic health services, spaces for social activities) with two patios that allow the preservation of some valuable, ancient trees. More generally, the project of the hanging gardens proposes a whole drawing of the open spaces that, in respect of all the existing trees, can be able to be in relationship with the pedestrian paths for the differ-

ent parts of the Complex, realizing a still possible continuity between the slopes of Sant'Elmo and the lower city in a process of progressive artificiality of the soil (terraces, substructures) and of the natural forms (Figg. 15, 16).

The theme of the reuse of abandoned building heritage and of the 'dross' (Pavia, Gasparri- ni and Secchi, 2014) – that the 'urban metabolism' (Carta and Lino, 2015) produces – is a very relevant issue today. The impressive amount of studies recently produced (Marini and Corbellini, 2016), however, seems to prefer the hypothesis of temporary re-uses of spaces, often indifferent to their typological and formal qualities, sometimes leading to the aesthetization of the state of abandonment to which the architectures and places have been sentenced. Moreover, the dismissal as 'unproductive waiting condition' (Marzot, 2017) today no longer concerns only huge industrial

areas but artefacts very different in location, size and value and, if it is true that their re-vamping also passes through the capacity of the politic, as well as the technical subjects, to imagine actions and involve actors (Piperata, 2017), it is necessary to underline that the work of architecture and of its project is primarily that of building spaces for human life able to be catalysts not so much of uses but rather of forms capable of representing collective values.

Thus, in the case of the former Military Hospital in Naples – an architectural Complex of significant urban value, not 'rejected' but rather 'stolen' from the city – the ambition and the objective assumed by the project consisted in the intention of constituting/re-building – a 'new sed antiqua' cornerstone – looking for a link with the historical city on a figurative and compositional level, and reconnecting spaces in the city now fragmented – a place capable of

contributing to a wider order, in the belief that the project is an act of knowledge of the real and the tool to found and re-found, for a long duration, the places of the human life.

## Acknowledgements

The contribution, resulting from a common reflection, is to be attributed in equal parts to Authors.

## Notes

1) The reference is to the expression by Immanuel Kant «The innocent eye is blind. The virgin mind is empty», recently used by Carlo Moccia in the Introduction to the book Pompeji by Federica Visconti in order to underline the need, for the architect, of an oriented way of looking the forms of the architecture and the city.

2) The well-known expression is by Walter Benjamin and recently suggested the title of a small book, *La Città Porosa – Conversazioni su Napoli*, edited by Claudio Velardi, Cronopio series, with interviews about the 'character' of the city to Massimo Cacciari, Antonio D'Amato, Gustaw Herling, Mario Martone and Francesco Venezia.

3) The expression here 'anticipates' an idea dear to Salvatore Bisogni, used in his Master Degree thesis about Naples, developed with Agostino Renna in 1965. The Drawing of the City, not by chance, was the title given to the initiatives, above all the Exhibition, edited by Renato Capozzi, Pietro Nunziante and Camillo Orfeo, realized, after twenty-five years from the death of Agostino Renna, from DiARC – Department of Architecture, 'Federico II' University of Naples.

4) The DiARC organized a workshop and a curricular internship, as research and training activities under the scientific and/or teaching support cooperation agreement signed by the Department for the Urban Planning and Territorial Management – UNESCO Site of the Municipality of Naples (Coordinator Nicola Masella) and DiARC (Coordinator Angela D'Agostino) in the context of the European Territorial Cooperation Program URBACT III 2014-2020 – 2nd Chance-Waking Up the Sleeping Giants. The Authors of this paper, that describes the results and the developed project, coordinated one of the project teams.

5) The explicit reference is to Aldo Rossi's theory in *L'Architettura della Città* (1966) – American edition *The Architecture of the City* (1982) – intended, following Ignasi de Solà-Morales, as the result of a debate that, in the previous years, has had Venice, Rome and Milan as protagonists and the related Schools. In order to study in deep this subject, see: de Solà-Morales Rubió, I. (2001), *Decifrare l'Architettura – «Inscripciones» del XX secolo*, Allemandi, Torino; Capozzi, R., Orfeo,

C. and Visconti, F. (eds) (2012), *Maestri e Scuole di Architettura in Italia*, Clean, Napoli.

6) The team that developed the project was composed of: R. Capozzi and F. Visconti with F. Addario, D. Casale, R. Esposito, C. Sansò and E. Di Chiara, I. Sacco.

## References

- Bisogni, S. (ed.) (1994), *Napoli: Montecalvario questione aperta – Teorie, analisi, progetti*, Clean, Napoli.
- Caniggia, G. (1997), *Ragionamenti di tipologia – Operatività della tipologia processuale in architettura*, Alinea, Firenze.
- Capozzi, R. (ed.) (2019), *Il contributo e l'eredità di Salvatore Bisogni*, 01 FAM Quaderni, Festival Architettura Edizioni, Parma. [Online] Available at: re.public.polimi.it/retrieve/handle/11311/1124466/476573/2019\_Bisogni%20FAM%20Quaderni\_NERI.pdf [Accessed 5 March 2020].
- Carta, M. and Lino, B. (2015), *Urban hyper-metabolism*, Aracne, Roma.
- D'Agostino, A. (2017), *Monumenti in movimento – Scenari di città*, LetteraVentidue, Siracusa.
- D'Agostino, A., Longo, F. and Pagano, L. (eds) (1995), *Napoli – Sistemi di spazialità urbana*, Alfredo Guida Editore, Napoli.
- De Fusco, R. (1994), *Napoli nel Novecento*, Electa-Napoli, Napoli.
- De Fusco, R. (1992), *Dentro e fuori l'architettura – Scritti brevi (1960-1990)*, Jaca Book, Milano.
- De Fusco, R. (1988), *Storia dell'architettura contemporanea*, Laterza, Roma-Bari.
- Gasparrini, C., Pavia, R. and Secchi, R. (eds) (2014), *Il territorio degli scarti e dei rifiuti*, Aracne, Roma.
- Gregotti, V. (1984), "Modificazione", in *Casabella*, n. 498-499, pp. 2-7.
- Marini, S. and Corbellini, G. (eds) (2016), *Recycled Theory – Dizionario illustrato / Illustrated Dictionary*, Quodlibet, Macerata.
- Marzot, N. (2017), "Dalla società dello spettacolo allo spettacolo della società – La rigenerazione urbana come pratica di rivendicazione del dismesso | From the society of the spectacle to spectacle of the society – The urban regeneration as reclamation of the dismss", in *FAMagazine*, n. 42, pp. 63-79. [Online] Available at: www.famagazine.it/index.php/famagazine/article/view/60/267 [Accessed 21 April 2020].
- Moccia, C. (2012), *Architetture 2000-2010*, Aión Edizioni, Firenze.
- Piperata, G. (2017), "Rigenerare i beni e gli spazi del
- la città: attori, regole e azioni", in Fontanari, E. and Piperata, G. (eds), *Agenda RE-CYCLE – Proposte per reinventare la città*, Il Mulino, Bologna, pp. 21-38.
- Rossi, A. (1987), *L'architettura della città*, CittàStudio, Milano.
- Rossi, A. (1982), *The Architecture of the City*, The MIT Press, Cambridge and London.
- Savarese, L. (1991), *Il centro antico di Napoli – Analisi delle trasformazioni urbane*, ElectaNapoli, Napoli.
- Visconti, F. (2017), *Pompeji – Città moderna / Moderne Stadt*, Ernst Wasmuth Verlag, Tübingen/Berlin.

## OGGETTO-CAMPO

Uno studio multi-risoluzione sull'ottimizzazione topologica

## OBJECT-FIELD

The multi-resolution study of topological optimization

Samuel Bernier-Lavigne

### ABSTRACT

Con l'integrazione degli strumenti digitali nella progettazione architettonica, si può osservare una certa ridefinizione della nozione di 'struttura', lontana da schemi noti e generalmente studiati. Seguendo i progressi nei campi della simulazione e dell'ottimizzazione topologica, si esporranno alcuni progetti-chiave studiando il loro livello prestazionale e delineando nella logica formale definita da questo processo il loro limite comune. Si ritiene che una possibile soluzione a questo limite risieda nel cambiamento di scala nel metodo di progettazione, adottando sistemi a multi-risoluzione, in cui ogni granello di materia può adattarsi alle informazioni strutturali presenti alla macro scala. In considerazione di ciò, si propone un progetto di ricerca progettuale che esplora questo salto di scala attraverso quattro oggetti-campo, ossia oggetti che sono formalmente autonomi, ma che tuttavia esprimono il loro campo strutturale interno attraverso una trasposizione a scala microscopica dell'ottimizzazione topologica.

Since the integration of digital tools into architectural design, we have observed a certain reassessment of the notion of 'structure', taking us far from known and usually studied schemes. Following the advancement in simulation and topological optimization, we will expose the key projects, study their level of performance, but also underline a common limit: their formal logic defined by this process. We believe that a solution to this limit lies in a change of scale in the design method, with multi-resolution systems, where each grain of matter can adapt to the structural information present at the macro scale. Thus, we propose a design research project exploring this game of scale through four object-fields, objects which are formally autonomous, but nevertheless express their internal structural field with microscopic translation of topological optimization.

### KEYWORDS

oggetto-campo, multi-risoluzione, ottimizzazione topologica, progettazione algoritmica, fabbricazione digitale

object-field, multi-resolution, topological optimization, algorithmic design, digital fabrication

**Samuel Bernier-Lavigne**, PhD, is a Full Professor at Laval University's School of Architecture in Québec (Canada), and Founder of the FabLab-ÉAUL. He holds a Doctorate in Architecture (theory, design and digital fabrication), in addition to being a recipient of the Henry Adams Medal of Honor (AIA), the RAIC Student Medal. He has notably worked for Studio Cmmnwlt, Gramazio & Kohler (ETH), and UNStudio. E-mail: samuel.bernier-lavigne@arc.ulaval.ca

Prendiamo atto dell'evolversi di alcune nozioni fondamentali dovute allo sviluppo tecnologico. I concetti di materia e materialità, che assolvono in architettura principalmente la funzione strutturale, sono tra quelli che sono destinati a cambiare, sia dal punto di vista formale sia nei loro aspetti di fabbricazione. Come rilevato da Antoine Picon (2018), la materialità dipende dagli utensili, dagli strumenti e dalle macchine che utilizziamo, tutti elementi fondamentali per determinare l'approccio alla scienza, alla filosofia e all'architettura. Adesso questi utensili, questi strumenti e queste macchine sono digitali e ci permettono di esplorare forme e strutture inedite, determinando anche una nuova comprensione dei fenomeni fisici che li caratterizzano. Invece di allontanare l'architettura dal mondo materiale, come molti avevano erroneamente predetto, la tecnologia digitale ha catalizzato una fase di transizione dalle tipologie strutturali, intese come modelli usuali già utilizzati dagli architetti, alle topologie strutturali, nuovi modelli che si sono rivelati improvvisamente più fluidi e complessi dei precedenti.<sup>1</sup>

La libertà di progettazione così riconquistata è favorita da strumenti matematici razionali che sono in grado di creare simulazioni basate sull'unione di informazioni formali, materiali e strutturali. In particolare, i metodi di analisi sugli elementi finiti (FEM) sono in grado di calcolare con precisione la distribuzione dei carichi all'interno di una forma, facilitando il controllo di questi dati durante la fase di progettazione, ma soprattutto, ci consentono di pensare la struttura nel suo complesso, piuttosto che come un insieme separato di elementi. L'ingegnere giapponese Mutsuro Sasaki (2007) svilupperà la teoria della 'morphogenesis of flux structures', dimostrando il suo metodo attraverso la realizzazione di alcuni dei più importanti progetti contemporanei giapponesi, come la struttura autoportante a guscio di calcestruzzo del Teshima Art Museum di Ryue Nishizawa (Vv. Aa., 2017) e il Crematorio Meiso no Mori di Toyo Ito (et alii, 2009), progetto nel quale è possibile notare gli effetti che la distribuzione continua delle forze ha nel determinare la superficie ondulata della copertura con l'obiettivo di renderla stabile e di minimizzare le sollecitazioni strutturali (Fig. 1). Stesso approccio è quello dell'ingegnere Cecil Balmond (2007), le cui 'informal structures' consentono l'esplorazione di nuovi spazi architettonici, come nel caso della Arnhem Station Transfer Hall di UNStudio dove un'unica superficie strutturale complessa è in grado di connettere la copertura, i supporti verticali, le pareti, i collegamenti e gli orizzontamenti tra i diversi livelli.

**Ottimizzazione Topologica** | L'evoluzione del concetto di struttura come 'flusso', databile al primo decennio dell'attuale secolo, ha portato a una nuova lettura della distribuzione delle sollecitazioni strutturali, assumendo queste ultime come fattore capace di generare risultati ancora più prestazionali. Prendendo ispirazione da alcuni processi morfogenetici naturali come le trabecole ossee, è stato messo a punto uno strumento in grado di eliminare gradualmente tutta la materia non strutturale, analizzando iterativamente il flusso di forze interno

alla struttura presa in esame (Bendsøe and Sigmund, 2003)<sup>2</sup>. Tecnicamente, il processo di ottimizzazione topologica inizia con la definizione di un volume o di una superficie da ottimizzare, ossia il suo campo d'azione. Viene quindi suddiviso in elementi discreti con caratteristiche materiali predefinite, su cui viene eseguita un'analisi degli elementi finiti in sequenze cicliche (loop): l'obiettivo è far convergere la distribuzione del materiale in percorsi ottimali (optimal paths) all'interno di un dato dominio, in modo da concentrare la materia solo dove necessario e rimuovere qualsiasi parte non essenziale per la stabilità strutturale dell'insieme (Cazacu and Grama, 2014). È possibile inter-

pretare questo processo come la simulazione digitale di un sistema materico dinamico che cerca di trovare il proprio equilibrio formale a ogni costo, usando alla fine la minore energia possibile per poter esistere.

A primo acchito è evidente una diretta correlazione con il settore della progettazione per la complessità geometrica risultante dall'ottimizzazione topologica, ma anche per i numerosi vincoli di produzione con cui si deve confrontare<sup>3</sup>. Se nel campo dell'industrial design diversi sono i progetti che mirano a ottimizzare la struttura – basti pensare alla Bone Chair di Joris Laarman (2017) oppure ai telai delle automobili – a livello architettonico rari sono i casi in

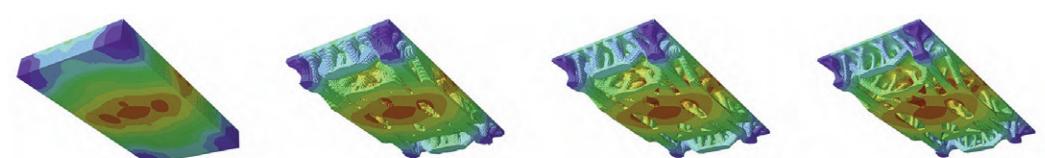


Fig. 1 | Toyo Ito and Mutsuro Sasaki, 'Meiso no Mori Crematorium', Kakamigahara 2006 (credit: L. Smith, 2016).

Fig. 2 | Benjamin Dillenburger, topology optimization for a concrete slab, ETH Zurich 2016 (credit: B. Dillenburger, 2016).

cui tale processo generativo che potrebbe effettivamente determinare importanti cambiamenti sia nella progettazione sia nella costruzione, è stato applicato. Il più noto è il Qatar National Convention Center di Arata Isosaki: il Centro si caratterizza per la presenza di una struttura che, come un albero, emerge dal terreno e si dirama per sostenere la maestosa copertura (Sasaki, 2007). Nonostante le dimensioni dell'edificio, la struttura non rivela praticamente alcun processo di post-ottimizzazione o di razionalizzazione, rendendo la sua costruzione una sfida senza precedenti.

Un altro caso di grande interesse per il mondo della ricerca architettonica è rappresentato dal Topology Optimization for a Concrete Slab, presso il Politecnico di Zurigo, progettato dal Prof. Benjamin Dillenburger e dal suo team. Con l'obiettivo di ridurre il consumo di calcestruzzo nel settore delle costruzioni, partendo da un telaio standard, il team ne ha ottimizzato la topologia, eliminando il 70% della materia non necessaria e massimizzandone al contemporaneo le prestazioni strutturali (Jipa et alii, 2016; Fig. 2). Tuttavia, la complessità geometrica del progetto ha richiesto, per la sua realizzazione, un sistema di casseforme di sabbia stampate in 3D con la tecnologia VoxelJet; con lo stesso sistema, il team ha sviluppato anche il suo ultimo progetto, lo Smart Slab, realizzato durante la costruzione della DFAB House di Zurigo (Aghaei-Meibodi et alii, 2017).

Nonostante il carattere d'innovazione promosso da ciascuno dei progetti descritti e i differenti approcci all'ottimizzazione topologica, è possibile comunque individuarne un limite: i risultati geometrici sono tutti simili. Una spiegazione è rintracciabile nel processo di materializzazione dei flussi alla base di questa procedura algoritmica: se tutto il materiale strutturalmente sottoutilizzato viene eliminato, tutto ciò che rimane è una rete fluida e interconnessa di distribuzione dei carichi, dai punti di applicazione fino ai supporti. Nell'insieme, tutti i progetti rappresentano un'evoluzione di quella 'architettura strutturale' che trova la massima espressione negli anni '50 e '60 con il lavoro di Emmerich, Le Ricolais, Wachsmann e Fuller (Wigley, 2001); a differenza di allora, per facilitare la distribuzione multidirezionale dei carichi, ora i nodi strutturali vengono 'levigati' attraverso operazioni di 'smoothing', seguendo una regola simile alle condizioni del Plateau (Thompson, 2009) e ricordando alcune strutture naturali che molto hanno affascinato questi architetti. Ora, come possiamo aggirare i vincoli formali inerenti l'ottimizzazione topologica, in modo che diventi uno strumento di progettazione aperto, anziché avere come finalità solo ciò che è prodotto da questo processo? Quali potrebbero essere le qualità spaziali, materiali e visive legate all'ottimizzazione topologica, se allargassimo lo spettro della riflessione?

**Progetto** | Il presente contributo illustra un progetto di ricerca che tenta di 'aggirare' i limiti discussi. Per fare ciò, occorre considerare il risultato dell'ottimizzazione topologica come un diagramma capace di guidare, in modo creativo, un progetto concettuale (Teyssot, 2012). Il punto di partenza in questo nuovo campo da

esplorare si basa sul concetto del 'cambio di scala', sia nei processi di progettazione sia di materializzazione. Per ambire a un rinnovamento concettuale, in una prima fase di lavoro occorre considerare il progetto come un tutto, un oggetto, concentrandosi quindi sull'ideazione. L'oggetto è considerato come autonomo e libero da tutti i vincoli abituali, e concepito come spazio finito, come elemento materiale e come 'dispositivo affettivo'; al contempo, la scala ridotta facilita la sua fabbricazione e aiuta a validare rapidamente le qualità dell'oggetto finale. Questo approccio diventa effettivamente interessante quando si confronta l'oggetto isolato con i flussi di forze che lo attraversano, i quali diventano tutto d'un tratto il suo unico campo vettoriale, l'espressione completa del suo 'milieu energetico' (von Uexküll, 2010). Questo approccio fa parte di un più ampio quadro teorico, descritto in dettaglio in un precedente articolo, che traccia l'interazione tra due componenti elementari nella breve storia dell'architettura digitale: l'oggetto e il campo (Bernier-Lavigne, 2020).

**Interazione tra oggetto e campo** | Agli albori dell'architettura digitale, diversi approcci concettuali al progetto hanno portato allo sviluppo di un 'campo energetico' (composto da forze che si attraggono e si respingono, reali o concettuali) con l'obiettivo di ricercare condizioni statiche lontane dal normale equilibrio (ossia lontane dalle pratiche consolidate) attraverso un approccio del tipo bottom-up. Nella maggior parte dei casi, il risultato architettonico è stato meno importante della complessità del suo processo generativo (Teyssot and Bernier-Lavigne, 2011). Possiamo facilmente individuare analogie con l'ottimizzazione topologica, considerando che, nonostante il suo funzionamento e i suoi parametri siano piuttosto definiti, l'esito formale è in qualche modo al di fuori del nostro controllo. Successivamente, con l'ascesa del 'parametrico' – inteso sia come strumento sia come 'architettura parametrica' – i progettisti digitali hanno potuto avere un migliore controllo sul processo, restringendone in una certa misura la gamma di possibilità.

Il risultato di questa prima evoluzione concettuale è il 'campo degli oggetti', concetto basato sul fatto che la moltiplicazione di un componente in grado di adattarsi alle variazioni del campo mediante graduale differenziazione crea una molteplicità di oggetti simili e leggermente diversi. Rispetto a questa visione, la reazione di molti architetti è stata quella di disconnettere l'oggetto dal campo (Gage, 2015) e iniziare a esaminare le sue qualità nascoste (Harman, 2013), quelle che, secondo Micheal Benedikt e Kory Bieg (2018), «[...] do[es] not disclose [...] fully to each other [but] exist regardless of human regards» (Benedikt and Bieg, 2018, p. 8).

Alla luce di tutto ciò, la ricerca di seguito illustrata propone di esplorare un nuovo, e probabilmente definitivo, legame tra l'oggetto e il campo – l'oggetto-campo – poiché sembra che queste due entità abbiano ancora alcune cose da offrirsi l'un l'altro e potrebbero ancora una volta stimolare la riflessione su possibili scenari architettonici. Questo concetto di campo-oggetto

consente infatti maggiore autonomia formale nella definizione dell'oggetto, sfruttando la complessità e la variabilità del campo, ma questa volta limitandolo all'interno dell'oggetto iniziale al fine di influenzare principalmente la sua materialità. Nel nostro caso il campo sarà composto dalle linee di forza risultanti dall'ottimizzazione topologica dell'oggetto progettato.

**Risoluzione** | Sviluppando ulteriormente il discorso, la connessione tra oggetto e campo può anche essere vista come una relazione tra versioni a diversa risoluzione della stessa entità. Il primo è un elemento a bassa risoluzione, un semplice contenitore debolmente definito; l'altro è un sistema dinamico altamente differenziato che contiene una notevole quantità di informazioni. Questa lettura degli elementi è accentuata dall'ambiente digitale in cui sono creati e, come indica Mario Carpo (2014), dagli strumenti che utilizziamo poiché inevitabilmente gli stessi si riflettono su ciò che produciamo. I modelli digitali con cui lavoriamo hanno una risoluzione al di sotto della nostra soglia di percezione (Young, 2018) – il 'minimum separabile' dell'occhio umano – ma sono ora in grado di gestire una quantità notevole di dati. Di conseguenza, sempre più dati possono essere archiviati in contenitori sempre più piccoli – o in oggetti come in questo caso – rendendo decisamente più interessante affrontare il tema dell'alta risoluzione.

Mentre un progetto a bassa risoluzione resta alla macro o alla mesoscala, a seconda della natura del progetto, l'idea di alta risoluzione ci proietta nella micro o, addirittura, nella nanoscala (Nakamura, 2010). E così ci si ritrova davanti a nuovo territorio da esplorare, in cui possibilità e complessità si moltiplicano, e dove ogni granello di materia, ogni mattone elementare alla scala del micron, diventa improvvisamente accessibile all'architetto (Carpo, 2016). La consueta gerarchia tra le diverse scale del progetto lascia il posto a una metodologia di progettazione più flessibile, in grado di integrare scale variabili e parallele, in cui i minimi dettagli rafforzano il tutto e viceversa. In questa dimensione minima, il confine tra forma e materia diventa sfocato (Beckett and Babu, 2014), sebbene sia importante notare che la transizione da un oggetto digitale al suo equivalente fisico porta inevitabilmente a una riduzione della risoluzione.

Tutte queste alterazioni nella scala d'intervento influenzano necessariamente il modo in cui analizziamo i progetti. Se, a un primo sguardo, agli aspetti più superficiali delle cose rivelano alcune informazioni, come i contorni facilmente comprensibili dell'oggetto, molto può ancora sfuggire alla nostra comprensione restando a questo livello di osservazione. È necessario decodificare il resto, strato per strato, cambiando pertanto la nostra scala di analisi e modificando l'angolo d'osservazione, per svelare infine il mistero degli altri livelli organizzativi del campo. Ovviamente, l'architettura non è la prima disciplina che affronta gli effetti della risoluzione multipla, come dimostrano le ricerche nel campo della Fisica nel Novecento. I fisici hanno infatti dimostrato che lo stesso fenomeno o oggetto può rivelare due aspetti completa-

mente diversi a seconda della scala di analisi e delle teorie ad esso associate: alla scala medio-grande con la meccanica classica, e alla micro-scala con la meccanica quantistica (Kumar, 2013). Comunque, ciò che è certo è che la validità di questi modelli di analisi è relativa alla scala di applicazione (Bontems, 2008).

Tuttavia, scopriremo che, per poter materializzarsi, il campo utilizzerà diversi sistemi di trasposizione dando corpo al contempo all'oggetto. Questi sistemi potrebbero essere confrontati con un dispositivo di amplificazione, ossia con uno strumento che consente la comunicazione di microelementi con scale di osservazione più grandi (Simondon, 2012). La reale comprensione di questi sistemi dovrà però passare attraverso un'analisi rigorosa: innanzitutto, partendo dalla macroscala, l'insieme dovrà mostrare la direzionalità delle linee di forza; successivamente, passando alla mesoscala, dovrà essere verrà messa in luce la logica di assemblaggio locale, ponendo attenzione a che l'abbondanza di informazioni digitali, all'apparenza disordinate, non provochi una sensazione di straniamento (Young and Young & Ayata, 2015); infine, alla microscala, si potrà passare a osservare in dettaglio i componenti di base che appariranno però frammentati e astratti. Questa logica risponde all'idea di 'ordine di grandezza' del filosofo Gilbert Simondon, che suddivide un problema in diverse realtà mediate dall'osservatore grazie a uno strumento (Hui, 2016), individuato nel nostro caso in un algoritmo che ci permette di realizzare un sistema di traduzione tra le diverse scale.

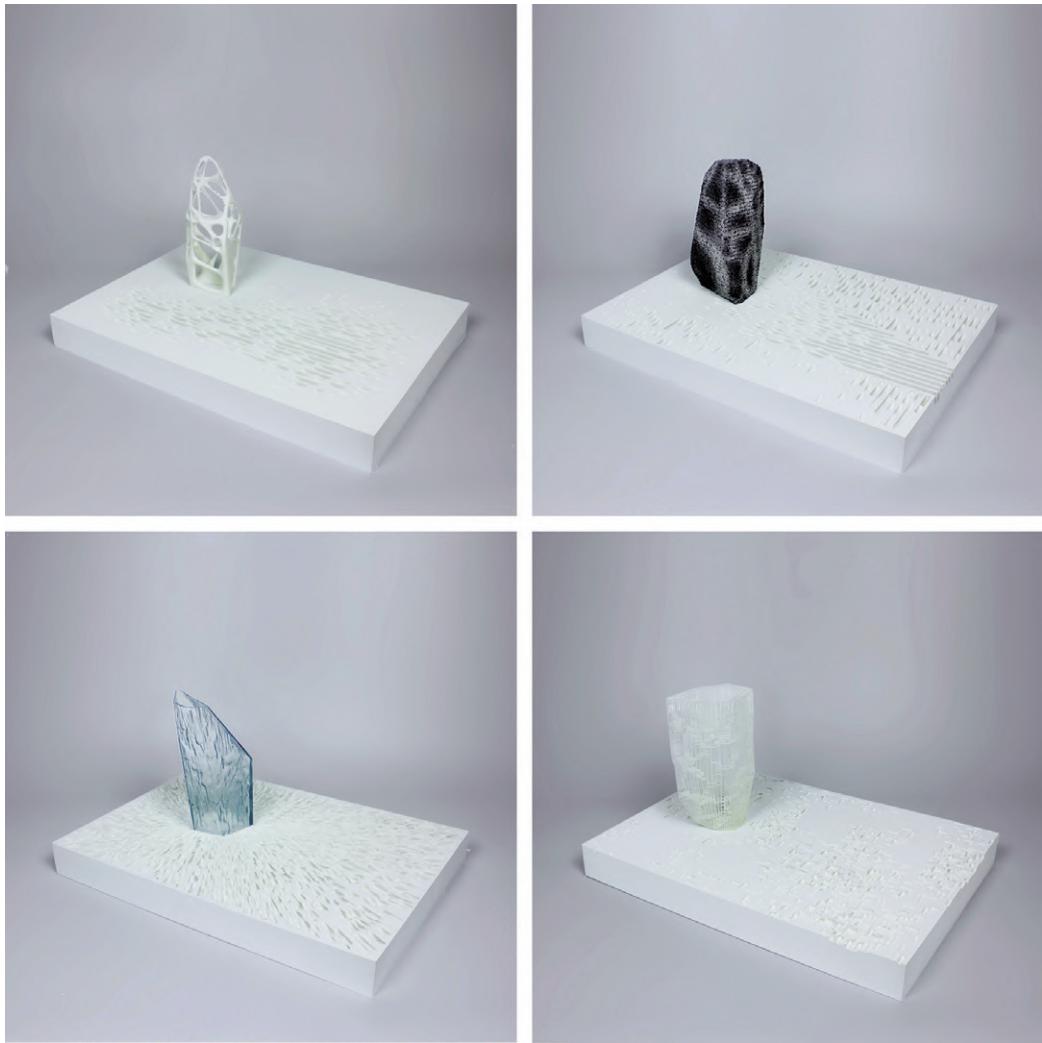
Pertanto, l'idea non è quella di limitarci a un solo aspetto di queste diverse risoluzioni ignorando le altre, obbligandoci a scegliere tra l'alta o la bassa risoluzione, ma piuttosto di sfruttare l'intero spettro secondo la logica dei frattali. È attraverso queste variazioni di scala, il salto inatteso dal nulla al nulla, in cui realizziamo che qualcosa sta effettivamente accadendo e dunque prestiamo attenzione (Gage and Meredith, 2019). Ciò è esattamente quanto si illustrerà nei quattro 'oggetti-campo' che seguono, dove l'accesso a nuove scale di progettazione potrebbe forse rinnovare la nostra comprensione della realtà architettonica.

**Oggetti-campo** | La ricerca progettuale sull'oggetto-campo mira a esplorare i tratti caratteristici di un processo di ottimizzazione topologica ad alta risoluzione vincolato però in un volume predefinito di risoluzione inferiore. Da qui una riflessione sull'oggetto base, quello che infine ospiterà il campo. Per garantire una certa coerenza nella generazione dell'oggetto base, il suo design parte da un volume di 150 x 150 x 300 mm su cui viene eseguito lo stesso tipo di operazione, ossia una differenza booleana definita da due parametri iniziali e con diverse iterazioni possibili. Tale operazione determina la percentuale massima del volume di ciascuna sottrazione e il numero d'iterazioni da eseguire. Man mano che le operazioni booleane vengono generate casualmente, emergono una serie di monoliti finemente tagliati, con caratteristiche simili sebbene formalmente diversi (Fig. 3). Secondo Marie-Ange Brayer (et alii, 2010), l'aspetto interessante dell'oggetto come monolite



**Figg. 3-5** | Monolithic objects: algorithmic process with random Boolean operations; classification and selection; 3d print of the four selected objects (credits: S. Bernier-Lavigne, 2020).

**Fig. 6** | Structural flow extracted from the topological optimization of the objects (credit: S. Bernier-Lavigne, 2020).



**Fig. 7** | The four object-fields (credit: S. Bernier-Lavigne, 2020).

è che ne rinnega i presupposti legati all'estetica e al formalismo ma allo stesso tempo è inteso come uno spazio privilegiato per la sperimentazione architettonica. Quattro di questi oggetti sono stati selezionati in base alle qualità mostrate e al loro potenziale progettuale e sono stati analizzati per l'ottimizzazione topologica (Figg. 4, 5). In sostanza è necessario estrarre i loro campi interni, l'effetto delle forze esterne sul volume fino ai supporti, e comprendere l'influenza che la geometria dell'oggetto ha su questo processo (Fig. 6). Da questo momento in poi vengono sviluppati quattro sistemi ad alta risoluzione per trasformare i monoliti e i loro flussi strutturali in oggetti-campo.

Il primo sistema rappresenta una sorta di introduzione all'intero progetto, materializzando in modo quasi identico il risultato dell'ottimizzazione. Troviamo, naturalmente, come output tipico di questo processo una mesh fluida, che ci fornisce la chiave di volta per la comprensione degli altri tre oggetti-campo. Inoltre, l'output esprime anche la qualità spaziale della mesh che si evolve nel corpo dell'oggetto. In alcuni punti si può percepire ciò che resta dei limiti spigolosi del volume iniziale, mentre in altre zone i contorni sembrano svanire completamente. È possibile notare anche la differente distribuzione del materiale: gli elementi strutturali più vicini alla base si inspessiscono per stabilizzare

gli oggetti-campo, mentre quelli a quota superiore diventano quasi delle semplici linee. Il caratteristico aspetto dell'oggetto ad alta risoluzione si rivela quando si tocca l'oggetto stampato, dove una trama sottile quasi invisibile a occhio nudo, ma percepibile al tatto, rivela l'altro tema progettuale (Figg. 7, 8).

Il secondo oggetto-campo esprime i flussi strutturali come una fonte di informazioni per definire la superficie esterna del monolite. Questa volta, il sistema ad alta risoluzione diventa essenziale nella definizione del progetto, in cui un algoritmo decomponga il volume totale in un cluster di voxel da 1 mm, ossia in una sorta di pixel tridimensionali. Quindi, questa raccolta di voxel è informata dai flussi dell'ottimizzazione topologica, estrudendo i voxel secondo le normali del volume iniziale. Ciò permette di irrigidire la struttura dove è necessario, aumentando in queste aree la quantità di materia. Sull'oggetto viene poi generata una topografia pixellata e, per amplificare queste sottili variazioni, vengono assegnate sfumature di grigio ai voxel in base alla loro vicinanza al campo sottostante. Ne consegue un rumore visivo altamente differenziato che sembra quasi casuale se osservato da vicino ma che risulta essere altamente indicativo nel suo insieme. Un processo di stampa 3D composto da polvere di gesso, legante e inchiostro produce l'oggetto, in cui ogni

voxel ottiene la propria colorazione (Figg. 7, 9).

Il terzo oggetto-campo mira a una completa integrazione dei flussi strutturali attraverso la creazione di un monolite trasparente, semplice all'esterno ma estremamente dettagliato all'interno. Poiché l'interno dell'oggetto è vuoto, l'ottimizzazione topologica è intrinsecamente incorporata nel suo involucro, come se queste informazioni si fossero gradualmente dissolte durante il processo di progettazione e poi fossero riapparse durante la sua materializzazione. A questo punto un algoritmo di spostamento dei vertici viene utilizzato per ispessire parti delle pareti interne del monolite, conferendogli una trama che, seguendo la direzione delle forze, risulti finemente increspata ma fluida al tempo stesso. Realizzato attraverso stampa 3D in resina ultra trasparente con strati di 15 micron, questo oggetto-campo appare come un'entità ottenuta attraverso un processo di crescita piuttosto che di fabbricazione, dal quale prende corpo un intenso ma delicato dialogo tra la spigolosità dei bordi del profilo esterno del monolite e la sottile variazione della superficie interna, che porta ad affascinanti effetti ottici se osservati da vicino o attraverso la luce naturale (Figg. 7, 10).

Con il quarto e ultimo oggetto-campo sia i dati formali del monolite iniziale che i flussi strutturali vengono decomposti, in modo da sfumare completamente i confini tra oggetto e campo, attraverso il principio dell'assemblaggio mereologico (Bryant, 2011) di semplici elementi lineari i quali, nonostante misurino solo pochi micron, riescono a sviluppare una stretta relazione con il tutto. La procedura algoritmica divide la forma iniziale in una serie di sottili elementi verticali ed estrae lo strato esterno dell'oggetto; contemporaneamente un ciclo iterativo viene eseguito diverse migliaia di volte per organizzare gradualmente i microelementi orizzontali secondo i dati di ottimizzazione, mentre il tutto lentamente si solidifica. Il risultato mostra un oggetto-campo con un certo livello di elasticità, principalmente nelle sue aree meno stressate strutturalmente. La sua materializzazione in resina traslucida, che restituisce un gioco costante di pieni e vuoti a seconda dell'angolo e della scala di osservazione, diventa in qualche modo immateriale, simile ad alcune formazioni nuvolose oniriche (Damisch, 1972; Figg. 7, 11).

Ognuno di questi quattro oggetti-campo poggia su una base, un pesante blocco che controbilancia idealmente la leggerezza dell'oggetto posto su di esso. Sebbene completamente bianco come fosse un volume astratto, la sua superficie superiore è fresata per esprimere l'intensità del campo che agisce sull'oggetto, reinterpretando, a un'altra risoluzione, il sistema di traduzione utilizzato. D'altra parte, questa nozione di multi-risoluzione ha grandi ripercussioni quando arriva il momento di rappresentare il progetto (Allen and Caspar Pearson, 2016). Abbiamo deliberatamente limitato la nostra indagine ai disegni al tratto al fine di esplorare la flessibilità di questo mezzo e capire se questo sistema di rappresentazione potesse essere utilizzato. Al di là delle tecniche di base, sebbene sempre importanti, per ogni oggetto-campo viene sviluppata una procedura algoritmica, derivante dalle pe-

culiarità della sua complessa geometria (Fig. 12).

La sovrapposizione delle ‘contour lines’ in più direzioni crea una tensione tra la trama di linee e lo ‘shader’ superficiale nella rappresentazione del primo oggetto-campo. Una tecnica simile viene utilizzata anche nel disegno delle basi. Per il secondo oggetto-campo, ogni voxel viene scomposto verticalmente in un numero variabile di livelli, in base all’intensità del suo colore, al fine di ricreare artificialmente il gradiente. Ancora una volta, la vicinanza con cui analizziamo il disegno ci fa percepire informazioni diverse. Da lontano, si potrebbe facilmente confondere il disegno con un rendering generato da un computer poiché la sovrapposizione di linee le rende indistinte, ma da vicino si riscontra tutta la ricchezza dell’alta risoluzione attraverso la leggibilità di un numero quasi infinito di segmenti verticali (Fig. 13).

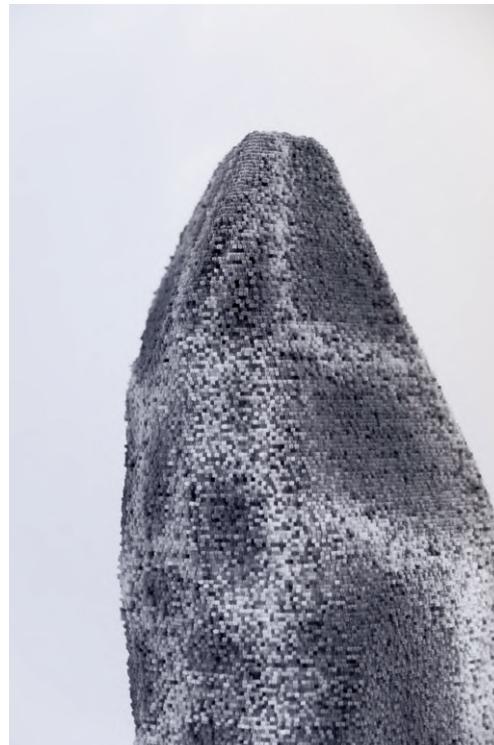
Per il terzo e il quarto oggetto-campo, l’obiettivo è quello di rappresentarne la traslucenza usando solo punti e linee; a tale scopo viene generata una nuvola di punti estremamente densa racchiusa in una serie di linee nette che segnano i contorni esterni dell’oggetto (Figg. 14, 15). Per l’ultimo, giocare con il grado di opacità delle linee mette in evidenza il flusso di forze che abitano l’oggetto. Tutto sommato, l’uso di disegni al tratto e le relative esplorazioni algoritmiche consentono l’espressione libera e specifica per ogni oggetto-campo, catalizzando una certa coerenza nella ricerca progettuale in cui le somiglianze iniziano a dialogare nonostante siano separate da molteplici materialità.

**Conclusioni** | La ricerca presentata dimostra l’importanza di affrontare i problemi di definizione della risoluzione e della scala nella progettazione architettonica e in ambito teorico. Isolando uno degli elementi, ad esempio i flussi strutturali espressi dal processo di ottimizzazione topologica, e sviluppandolo in diversi modi con sistemi ad alta risoluzione, è possibile acquisire una migliore comprensione del loro specifico potenziale attraverso una serie di aspetti certamente non trascurabili: la tattilità del materiale stampato, la rappresentazione grafica tridimensionale del comportamento fisico all’interno dell’oggetto, la tensione generata tra opacità e trasparenza, la sottile dematerializzazione della struttura e, oltre a tutto ciò, l’opportunità di ripensare la rappresentazione del progetto.

Il prossimo passo sarà convertire questo metodo per l’architettura, superando la sperimentazione su casi isolati e considerando tutti i vincoli che entrano nel processo di progettazione. Con l’aumentare della dimensione del progetto, le scale intermedie si moltiplicheranno sicuramente, rendendo necessario allargare la terna scalare micro/meso/macro a ulteriori livelli di scale intermedie. Sarà necessario implementare la multi-risoluzione in modo da creare una vera complessità su scala variabile, attraverso l’eterogeneo intreccio di differenti livelli di informazioni.

---

It is normal to see certain fundamental notions evolve as a result of technological development.

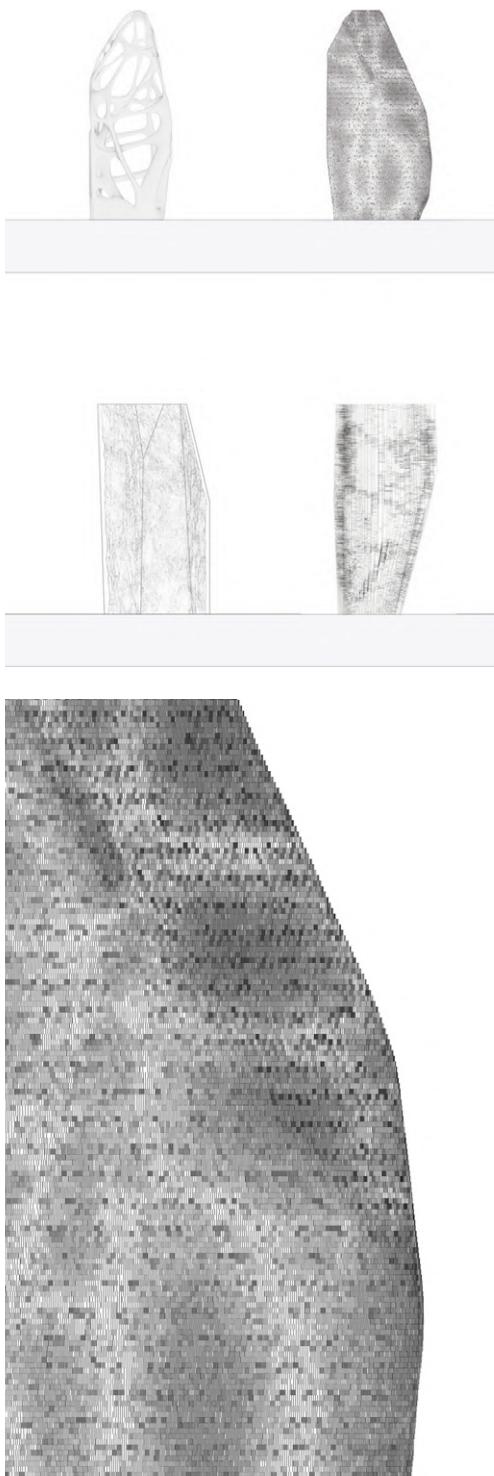


**Fig. 8** | Object-field #1, close-up on the tactile element of the 3d print (credit: S. Bernier-Lavigne, 2020).

**Fig. 9** | Object-field #2, close-up on the visual noise of the voxel system (credit: S. Bernier-Lavigne, 2020).

**Fig. 10** | Object-field #3, close-up on the dialogue between the exterior and interior surfaces (credit: S. Bernier-Lavigne, 2020).

**Fig. 11** | Object-field #4, close-up on the mereological system (credit: S. Bernier-Lavigne, 2020).



**Fig. 12** | The four object-fields, elevation drawings (credit: S. Bernier-Lavigne, 2020).

**Fig. 13** | Object-field #2, close-up high-resolution drawing (credit: S. Bernier-Lavigne, 2020).

Matter and materiality, whose one of the main architectural function is structure, are among those that are bound to change, both in their form and their fabrication. «[...] Materiality depends on our tools, instruments and machines. These are fundamental to our scientific [...] philosophical» and architectural approaches, as Antoine Picon (2018, p. 64) mentions. These tools, instruments and machines are now digital, and this opens up a field of possibilities for the exploration of forms and structures, but it also brings a new understanding of the physical phenomena that inhabit them.

Rather than pushing away architecture from the material world as many have wrongly anticipated, digital technology has catalyzed a transition from structural typologies, the typical models used by architects, to structural topologies which are suddenly more fluid and complex.<sup>1</sup>

Behind this regained freedom in design lies rational mathematical means, which are able to merge formal, material and structural information, through simulation. Thus, finite element analysis methods are able to precisely calculate the load distribution inside a shape, and facilitates the control of this data during the design phase. But more importantly, it leads us to think of structure as a continuous mixture rather than a separate set of blocks. The Japanese engineer Mutsuro Sasaki (2007) will develop the theory of ‘morphogenesis of flux structures’, demonstrating his method by realizing some of the most important contemporary Nippon’s projects, such as the self-supporting concrete shell of the Teshima Art Museum by Ryue Nishizawa (Vv. Aa., 2017) and the Meiso no Mori Crematorium by Toyo Ito (et alii, 2009). We see, in this last project, the effect of continuous distribution of forces in the roof surface that undulates in order to stabilize and minimize its structural stress (Fig. 1). A similar approach with the engineer Cecil Balmond (2007) and his ‘informal structures’, which allow complex geometries, such as UNStudio’s Arnhem Station Transfer Hall, to connect the roof, columns, walls, circulation and floor into a single structural surface, enabling the exploration of new architectural spaces.

**Topological optimization** | From this understanding of structure as flow, mainly developed in the first decade of the 21st century, will emerge a desire to channel the stress distribution in order to generate results of even greater performance. Inspired by certain natural morphogenetic processes like the trabecular bones, a tool will allow this ideal to be achieved by iteratively analyzing the flow of forces and gradually eliminating all non-structural matter (Bendsøe and Sigmund, 2003)<sup>2</sup>. Technically, the topological optimization process starts with the definition of a volume or surface to be optimized; its field of action. It is then subdivided into discrete elements with predefined material characteristics, on which a finite element analysis is performed in loops. The goal is to make the material distribution converge in optimal paths within this domain, and reduce the mass of the structure by removing any material that is not essential to the structural stability of the whole (Cazacu and Grama, 2014). One could also interpret this process as the digital simulation of a dynamic material system, which tries to find its formal equilibrium at all costs, while using in the end as little energy as possible to exist.

At first glance, a direct affiliation seems logical with the field of design, due to the geometric complexity resulting from the topological optimization, as well as the fabrication constraints that this creates<sup>3</sup>. We have seen some projects stand out, such as Joris Laarman’s Bone Chair (Laarman, 2017) and the explo-

rations of American car companies trying to reduce the weight of their chassis. However, at the scale of architecture, where this generative process could actually signify important changes both in design and construction, there are very few examples of applications. The most well-known is the Qatar National Convention Center from Arata Isosaki, where like a tree, the structure emerges from the ground and branches out to support the gigantic roof at arm’s length (Sasaki, 2007). Despite the size of the building, the structure demonstrates virtually no post-optimization differentiation or rationalization, making its construction an unprecedented challenge.

Otherwise, a case of great interest in the architectural research world can be found in the project Topology Optimization for a Concrete Slab at ETH Zurich by Professor Benjamin Dillenburger and his team. Aiming to reduce the consumption of concrete in the construction industry, they use topological optimization to reduce the mass of an initial domain – the standard slab – and manage to eliminate 70% of it, while maximizing its structural performance (Jipa et alii, 2016; Fig. 2). However, the geometric intrication of the project is such that they had to develop a 3d printed formwork system in sand, with the VoxelJet technology, to be able to realize it. This will set the stage for their latest project, the Smart Slab, which was carried out during the construction of the DFAB House in Zurich (Aghaei-Meibodi et alii, 2017).

Despite the innovative aspect of all these projects and their distinct approaches to topological optimization, a certain limit appears to impose itself: their geometric results are all similar. This can be explained by the materialization process of flows, underlying this algorithmic procedure. If all the structurally underutilized material is eliminated, all that remains is the fluid and interconnected network of load distribution from its sources to its supports. It is in fact a more specific and differentiated version of the structural network architecture, at its peak in the 1950s-60s with the work of Emmerich, Le Ricolais, Wachsmann and Fuller (Wigley, 2001). This time, to facilitate the multi-directional distribution of loads, the structural nodes are smoothed, following a similar rule to Plateau’s conditions (Thompson, 2009), and reminds us of certain natural structures, an absolute fascination for these architects. From there, how can we get around this formal constraint inherent to this operation, so that it would become an open design tool, rather than imposing its output as a finality? What could eventually be the spatial, material and graphic qualities related to topological optimization, if we broaden the spectrum of reflection?

**Project** | We propose in this paper, a design-research project attempting this circumvention. To do this, we will need to consider the result of the topological optimization as a diagram that would inform, in a creative way, a conceptual project (Teyssot, 2012). Our entry path into this new territory of exploration will follow the idea of the change of scale, both in the de-

sign and the materialization processes. To begin, a first transition leads us to consider the project at the scale of the object, where it becomes a medium to work mainly on the idea, wishing a conceptual renewal. This object is approached here as being autonomous, and freeing itself from all usual constraints. The idea is to focus on the object as a finite space, as a material element, and as an affective machine, in the Deleuzian sense of them. Moreover, this small scale will facilitate its fabrication and helps to quickly validate the qualities of a monolithic object. This actually becomes interesting when one confronts this isolated object with the structural flows that run through it, which suddenly become its only force field, the complete expression of its 'energetic milieu' (von Uexküll, 2010). This approach is part of a broader theoretical framework, detailed in a previous paper, which traces the interaction between two elementary constituents in the brief history of digital architecture, namely the object and the field (Bernier-Lavigne, 2020).

**Interaction between object and field** | More often than not in the early days of digital architecture, the conceptual approaches of the project led to the development of an 'energy field' (made up of attractive and repulsive forces, real or conceptual) in which the search for certain states far from the normal equilibrium was targeted, leading to the emergence of bottom-up projects. In the majority of cases, the architectural result was less important than the intricacy of its generative process (Teyssot and Bernier-Lavigne, 2011). A certain parallel is immediately drawn with topological optimization, whereas its operation and parameters are highly regulated, but its formal result is somehow beyond our control. Then came the rise of the parametric – both the tool and the architecture – where the digital designers were trying to obtain better control on the field, by constraining it within a certain range of possibilities.

The result will be the field of objects, since the multiplication of a component capable of adapting itself to variations in the field, by gradual differentiation, creates a multiplicity of objects that are both similar and vaguely different. The reaction of many architects to the transformation of this method into a universal style, was to disconnect the object from the field (Gage, 2015), and start examining its own hidden qualities (Harman, 2013), those that it «[...] do[es] not disclose [...] fully to each other [but] exist regardless of human regards» (Benedikt and Bieg, 2018, p. 8).

In light of all this, we suggest exploring a new, and probably final link between the object and the field – the object-field – since it seems that these two entities still have some things to offer each other, and could once again stimulate reflection on possible architectures. This concept of the object-field thus allows a formal autonomy in the definition of the object, while taking advantage of the complexity and variability of the field, but this time constraining it within the initial object in order to influence mainly its materiality. In our case, the field will be composed of the lines of force resulting from the topological optimization of the designed object.

**Resolution** | As we develop a bit further the thinking, this connection between object and field can also be seen as a relationship between different resolutions of the same entity. One is a low-resolution element, a simple and sparsely defined container, the other is a highly differentiated dynamic system holding an immense amount of information. All this is accentuated by the digital environment in which they are created, and as Mario Carpo (2014) indicates, the tools we use inevitably reflect on the things we produce. The digital models we work with have a resolution below our perception threshold (Young, 2018), the 'minimum separable' of the human eye, and are now able to handle a phenomenal quantity of data. As a result, more and more data can be stored in smaller and smaller containers – or objects in this case – which drastically increases the interest in addressing the theme of high resolution.

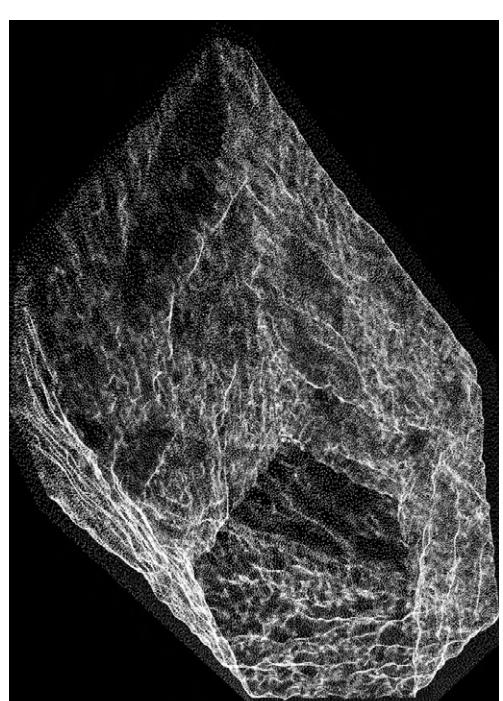
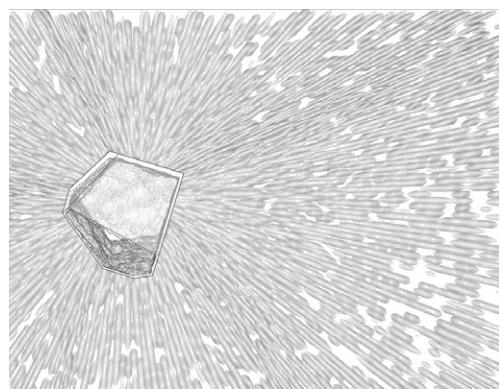
While a low-resolution design keeps us in the macro scale, or meso (intermediate scale) depending on the project, the idea of high resolution plunges us into the micro or even nano scales (Nakamura, 2010). Thus, everything is multiplied, the possibilities as well as the complexity, and a new territory of exploration opens up where each grain of matter, each elementary brick on the scale of the micron, suddenly becomes accessible to the architect (Carpo, 2016). The usual hierarchy of scales gives way to a more flexible design methodology, capable of integrating variable and parallel levels, where the smallest details reinforce the whole and vice versa. At this minimal dimension, the boundary between form and matter becomes blurred (Beckett and Babu, 2014), although it is important to note that a transition from a digital object to its physical equivalent invariably leads to a decrease in resolution.

All these alterations in the scale of intervention necessarily influence the way we analyze projects. While a first look at the surface reveals certain information, like the easily understandable outlines of the object, a lot still escapes our grasp at this moment. We must decode the rest, layer by layer, by changing our scale of analysis and modifying our angle of attack, to finally unravel the mystery of the other organizational levels of the field. Obviously, architecture is not the first discipline facing the effects of multiple resolution, as demonstrated by the break in scale that appears in 20th century physics. They learned that the same phenomenon or object can reveal two completely different aspects depending on the scale of analysis and the theories associated with it, whether at the medium or large scale, with classical mechanics, or at the micro scale with quantum mechanics (Kumar, 2013). However, the direct consequence is that the validity of these analysis schemes becomes relative mainly to the scale of application (Bontems, 2008).

Nevertheless, we will discover that, in order to materialize, the field will use different systems of transposition giving body to the object at the same time. These systems could be compared to an amplification device, an instrument that allows the communication of smaller micro-elements at larger scales (Simondon,

2012). Our genuine understanding of these systems will need to pass through a rigorous analysis. First, at the macro scale, the directionality of the lines of force will be globally visible, then will be its local assembly logic at the meso scale, where an abundance of digital information, on the verge of disorder, causes a feeling of estrangement (Young and Young & Ayata, 2015), and finally a precise look at its basic components appearing fragmented and abstract at the micro scale. This echoes the 'order of magnitude' in the work of the philosopher Gilbert Simondon, which «[...] divides the question into different realities as mediated to the observer by the instrument» (Hui, 2016, p. 30), here the algorithm leading to the translation system.

Therefore, the idea is not to restrict ourselves to only one aspect of these resolutions while ignoring the others, so there is no question of choosing between high or low resolution, but rather to exploit the entire spectrum like the fractal logic would allow. It is through these variations in scale, the unexpected jump from all to nothing, where we realize something is actually happening and we pay attention (Gage and Meredith, 2019). This is exactly



**Figg. 14, 15** | Object-field #3: plan and relation to the base; point cloud (credits: S. Bernier-Lavigne, 2020).

what we will pursue in our four object-fields that follows, where access to new scales of design may eventually renew our understanding of architectural reality.

**Object-field** | This design-research project of the object-field aims to explore the high-resolution features related to topological optimization, constrained this time in a predefined volume of a lower resolution. Here begins the reflection on the basic object, the one that will eventually host the field. To ensure consistency in this series, the design starts with a volume of 150 x 150 x 300 mm on which the same Boolean difference operation is executed with many iterations, according to two parameters initially defined. They determine the maximum percentage of the volume of each subtraction, and the number of iterations to be performed. As the positioning of these Boolean operations is randomly generated, a series of finely cut monoliths emerges, with similar characteristics although formally different (Fig. 3).

The interesting aspect of the object as a monolith is that it presents itself as «[...] a refutation of all aesthetic presuppositions as well as of all formalism» but at the same time it is meant to be a «privileged space for architectural experimentation» (Brayer et alii, 2010, p. 7). Four of them are selected, according to the qualities exhibited and their potential to be developed in a project, and are analyzed by means of topological optimization (Figg. 4, 5). It is a matter of extracting their internal fields, the result of the external forces on the volume distributed down to the supports, and understanding the influence of the geometry of the object in this process (Fig. 6). From this point on, four high-resolution systems are developed to transform the monoliths and their structural flows into object-fields.

The first one serves as a kind of introduction to the whole project, materializing close to identical the result of the optimization. We find, of course, this fluid mesh, the typical output of this process, giving the keystone to understand the other three object-fields. Moreover, it also expresses the spatial qualities of this network that evolves into the body of the object. One comes to perceive, according to certain points of view, what remains of the straight limits of the initial volume, while at other times they have completely evaporated. Material gradation is also present; the structural members approaching the base thickens to stabilize the object-field, compared to the more aerial ones that are on the verge of becoming simple lines again. One also discovers the high-resolution aspect when manipulating the printed object, where a fine texture almost invisible to the naked eye, but perceptible to the touch, subtly reveals the other theme of the project (Figg. 7, 8).

The second object-field expresses the structural flows as a source of information defining the outer surface of the monolith. This time, the high-resolution system becomes essential in the definition of the project, where an algorithm will first decompose the total volume into a cluster of 1 mm voxels, which are three-dimensional pixels. Then, this collection of voxels is informed by the flows of the topological optimi-

mization, to extrude themselves following the normals of the initial volume. This has the effect of stiffening the structure where it is needed, by increasing the amount of matter in these areas. As a result, a pixelated topography is generated on the object, and to amplify these fine variations, shades of grey are assigned to the voxels according to their proximity to the underlying field. Consequently, it emerges a highly differentiated visual noise that seem almost random when observed closely, but turns out to be highly indicative as a whole. A 3d printing process made of plaster powder, binder and ink is used to materialize the whole, where each voxel gets its own tint from this fabrication method (Figg. 7, 9).

The third object-field aims at a complete integration of the structural flows through a transparent monolith, plain from the outside, but extremely detailed from the inside. Since this one is empty, the topological optimization is immanently embedded in its envelope, as if this information had gradually dissolved during the design process and then reappeared in its materialization. Here, a vertex displacement algorithm is used to thicken parts of the inner walls of the monolith, giving it a texture that is both crackling and fluid, following the direction of the forces. Fabricated with ultra-clear resin 3d print exhibiting the accuracy of 15 microns per layer, this object-field could almost be apprehended as an entity that would have been formed by a growth process rather than manufactured. A strong, though subtle, dialogue is established between the angularity of the sharp edges on the outside of the monolith and the fine variation on the interior surface, leading to fascinating optical effects when observed closely or in interaction with natural light (Figg. 7, 10).

The fourth and final object-field decomposes both the formal data of the initial monolith and the structural flows, to completely blur the boundaries between object and field. This is done through the mereological assembly (Bryant, 2011) of simple linear elements, and although these elements measure only a few microns, they manage to develop a close relationship with the whole. The algorithmic procedure divides the initial shape into a series of thin vertical members, extracting the periphery of the object, and an iterative loop run several thousand times to gradually organizes the horizontal micro-elements according to the optimization data, slowly solidifying the whole. The result shows an object-field with a certain level of elasticity, mainly in his less structurally stressed areas. Its materialization in translucent resin leads us to perceive a constant play of solid opacity and emptiness, depending on the angle and scale of observation. It becomes somehow intangible, similar to some figural and dreamlike cloud formations (Damisch, 1972; Figg. 7, 11).

Each of these four object-fields rests on a base, a heavy block counterbalancing the light weight of the object placed on it. Although completely white as an abstract volume, its upper surface is milled to express the intensity of the field acting in the object, while reinterpreting, at another resolution, the system of

translation. On the other hand, this notion of multi-resolution has great repercussions when the time comes to represent the project (Allen and Caspar Pearson, 2016). We have deliberately restricted our investigation to line drawings in order to explore the flexibility of this medium, to see if it could speak this language. Beyond the basic techniques, although always important, for each object-field an algorithmic procedure is developed, deriving from the peculiarities of its complex geometry (Fig. 12).

The overlay of contour lines following multiple directions create a tension between line drawing and surface shader in the representation of the first object-field. A similar technique is also used in the drawing of the bases. For the second one, each voxel is vertically decomposed into a variable number of lines, based on the intensity its color, in order to artificially recreate the gradient. Once again, the proximity at which we analyze the drawing makes us perceive different information. From afar, one could easily mistake the drawing for a computer-generated rendering, where the accumulation of lines becomes practically opaque, but up close one finds all the richness of high resolution in this quasi-infinite number of vertical segments (Fig. 13).

For the third and fourth object-fields, the goal is to represent their translucency using only points and lines. Thus, the generation of an extremely dense point cloud enclosed in a set of sharp lines marking the outer contours of the object achieves this for one of them (Figg. 14, 15). For the other, playing with the degree of opacity of the lines brings out the flow of forces inhabiting the object. All in all, the use of line drawings and the associated algorithmic explorations allow the free and specific expression of each object-fields, in addition to catalyze coherence throughout the project, where similarities, hitherto kept apart by the multiple materialities, begin to dialogue.

**Conclusions** | This project demonstrates the relevance of addressing issues of resolution and scale in architectural design and theory. By isolating an element, here the structural flows emerging from topological optimization, and developing it in multiple ways with high-resolution systems, allows a better understanding of its specific potential. Many qualities can be withdrawn: the tactility of the printed material, the three-dimensional graphic expression of the physical behavior inside the object, the generation of tension between opacity and transparency, the fine dematerialisation of the structure, and in addition to all this, the opportunity to rethink the representation of the project. The next step will be to convert this method to architecture, leaving aside the utopia of the completely isolated object, and trying to reintegrate all the constraints in this process. As the scope of the project will increase, the intermediate scales will definitely multiply, making it possible to deepen the micro-meso-macro trio and move towards the micro-meso(s)-macro. An exhaustive multi-resolution will then be implemented, creating true complexity on a variable scale, through the heterogeneous entanglement of information layers.

## Acknowledgements

I would like to thank all the collaborators involved in the project: J. Beauchamp, H. Thibaudeau, P. Labelle, A. Marceau and R. Brosseau. This project was made possible by the funding of the Conseil des Arts du Québec and the Fonds de Recherche Société et Culture du Québec.

## Notes

1) A transition was already underway in the pre-digital era with some key projects, including Frederick Kiesler's Endless House (1947-60) and the TWA Flight Center (1955-62) at JFK Airport, by Eero Saarinen, to only name a few.

2) In order to understand the conceptual roots of topological optimization and the influence of morphogenetic processes on the digital design of architectural structures, see these few important texts: Thompson (1917); Bonner (1952); Otto and Rasch (1995); Ball (1999); Bendsøe and Sigmund (2003); Kolarevic (2005); Hwang (2006); Reiser and Umemoto (2006); Museum Für Gestaltung Zürich and Sachs (2007); Sasaki (2007); Menges (2012).

3) It is important to note that the optimization process increases the performance of the structures, but does not consider the fabrication constraints. This can therefore end up increasing the production difficulty of these structures.

## References

- Aghaei-Meibodi, M., Bernhard, M., Jipa, A. and Dillenburger, B. (2017), "The Smart Takes from the Strong", in Sheil, B., Menges, A., Glynn, R. and Marilena, S. (eds), *Fabricate Rethinking Design and Construction*, UCL Press, London, pp. 210-217. [Online] Available at: [www.research-collection.ethz.ch/handle/20.500.11850/237103](http://www.research-collection.ethz.ch/handle/20.500.11850/237103) [Accessed 11 March 2020].
- Allen, L. and Caspar Pearson, L. (eds) (2016), *Drawing Futures – Speculations in Contemporary Drawing for Art and Architecture*, UCL Press, London. [Online] Available at: [www.uclpress.co.uk/products/83097](http://www.uclpress.co.uk/products/83097) [Accessed 26 March 2020].
- Ball, P. (1999), *The Self-made Tapestry – Pattern Formation in Nature*, Oxford University Press, Oxford.
- Balmond, C. (2007), *Informal*, Prestel, New York.
- Beckett, R. and Babu, S. (2014), "To the Micron: A New Architecture Through High-Resolution Multi-Scalar Design and Manufacturing", in *Architectural Design / Special Issue – High Definition: Zero Tolerance in Design and Production*, vol. 84, issue 1, pp. 112-115. [Online] Available at: [doi.org/10.1002/ad.1709](http://doi.org/10.1002/ad.1709) [Accessed 26 March 2020].
- Bendsøe, M. P. and Sigmund, O. (2003), *Topology Optimization – Theory, Methods, and Applications*, Springer, Switzerland.
- Benedikt, M. and Bieg, K. (eds) (2018), *Center 21 – The Secret Life of Buildings*, Texas Center for American Architecture and Design, Austin.
- Bernier-Lavigne, S. (2020), "Object-field – An adaptive interplay between autonomy and contingency", in Ficca, J., Kulper, A. and La, G. (eds), *ACSA 107th Annual Meeting, Black Box – Articulating architecture's Core in the Post-Digital Era, march 28-30, 2019, Pittsburgh*, ACSA Press, pp. 640-645.
- Bonner, J. T. (1952), *Morphogenesis – An Essay on Development*, Princeton University Press, Princeton.
- Bontems, V. (2008), "Quelques éléments pour une épistémologie des relations d'échelle chez Gilbert Simondon", in *Appareil*, n. 2, pp. 1-14. [Online] Available at: [doi.org/10.4000/appareil.595](http://doi.org/10.4000/appareil.595) [Accessed 30 March 2020].
- Bryant, L. R. (2011), *The Democracy of Objects*, Open Humanities Press, Ann Arbor. [Online] Available at: [www.openhumanitiespress.org/books/titles/the-democracy-of-objects/](http://www.openhumanitiespress.org/books/titles/the-democracy-of-objects/) [Accessed 11 March 2020].
- Brayer, M.-A. et alii (eds) (2010), *Monolithes ou l'architecture en suspens (1950-2010)*, Frac Centre, Orléans.
- Carpo, M. (2016), "Excessive Resolution: From Digital Streamlining to Computational Complexity", in *Architectural Design / Special Issue – Evoking Through Design: Contemporary Moods in Architecture*, vol. 86, issue 6, pp. 78-83. [Online] Available at: [doi.org/10.1002/ad.2114](http://doi.org/10.1002/ad.2114) [Accessed 30 March 2020].
- Carpo, M. (2014), "Breaking the Curve – Big Data and Design", in *Artforum*, vol. 52, n. 6. [Online] Available at: [artforum.com/inprint/issue=201402&id=45013&pagenum=0](http://artforum.com/inprint/issue=201402&id=45013&pagenum=0) [Accessed 11 March 2020].
- Cazacu, R. and Grama, L. (2014), "Overview of Structural Topology Optimization Methods for Plane and Solid Structures", in *Annals of the University of Orela – Fascicle of Management and Technological Engineering*, vol. XXIII (XIII), issue 3, pp. 17-23. [Online] Available at: [citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.678.8287&rep=rep1&type=pdf](http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.678.8287&rep=rep1&type=pdf) [Accessed 23 February 2020].
- Damisch, H. (1972), *Théorie du nuage – Pour une histoire de la peinture*, Seuil, Paris.
- Gage, M. F. (2015), "Killing Simplicity – Object-Oriented Philosophy in Architecture", in Vv. Aa., *LOG* 33, Anyone Corporation, New York, pp. 95-106.
- Gage, M. F. and Meredith, M. (2019), *Visiting Lecture / Mark Foster Gage and Michael Meredith in Conversation – Multiple Resolutions*. [Online] Available at: [www.youtube.com/watch?v=Kn8SExRkcnE](http://www.youtube.com/watch?v=Kn8SExRkcnE) [Accessed 21 February 2020].
- Harman, G. (2013), "Objets et Architecture | Objects and Architecture", in Brayer, M. F. and Migayrou, F. (eds), *Naturaliser l'architecture naturalizing Archilab*, Édition HYX, Orléans, pp. 234-243.
- Hui, Y. (2016), *On the Existence of Digital Objects*, University of Minnesota Press, Minneapolis.
- Hwang, I. (2006), *Verb – Nature* (2006), Actar, Barcelona.
- Ito, T., Buntrock, D., Riken, Y. and Igarashi, T. (2009), *Toyo Ito*, Phaidon, London.
- Jipa, A., Bernhard, M., Aghaei Meibodi, M. and Dillenburger, B. (2016), "3D-Printed Stay-in-Place Formwork for Topologically Optimized Concrete Slabs", in Bieg, K. (ed.), *2016 TxA Emerging Design + Technology Conference, San Antonio, Texas, November 3-5*, pp. 97-107. [Online] Available at: [www.researchgate.net/publication/327793571\\_3DPrinted\\_StayinPlace\\_Formwork\\_for\\_Topologically\\_Optimized\\_Concrete\\_Slabs](http://www.researchgate.net/publication/327793571_3DPrinted_StayinPlace_Formwork_for_Topologically_Optimized_Concrete_Slabs) [Accessed 26 March 2020].
- Kolarevic, B. (2005), *Performative Architecture – Beyond Instrumentality*, Spon Press, New York.
- Kumar, M. (2013), *Le Grand Roman de la physique quantique – Einstein, Bohr... et le débat sur la nature de la réalité*, Flammarion-Champs Science, Paris.
- Laarman, J. (2017), *Joris Laarman – Lab*, August Editions, New York.
- Menges, A. (2012), "Material Computation – Higher Integration in Morphogenetic Design", in *Architectural Design / Morphogenetic Design*, vol. 82, n. 2, pp. 14-21.
- Museum Für Gestaltung Zürich and Sachs, A. (2007), *Nature Design – From Inspiration to Innovation*, Lars Muller Publishers.
- Nakamura, H. (2010), *Microscopic Desingning Methodology*, Lixil Publishing, Tokyo.
- Otto, F. and Rasch, B. (1995), *Finding Form – Towards an Architecture of the Minimal*, Axel Menges, Berlin.
- Picon, A. (2018), *La matérialité de l'architecture*, Éditions Parenthèses, Marseille.
- Reiser, J. and Umemoto, N. (2006), *Atlas of Novel Tectonics*, Princeton Architectural Press, New York.
- Sasaki, M. (2007), *Morphogenesis of Flux Structure*, AA Publications, London.
- Simondon, G. (2012), *Du Mode d'existence des objets techniques*, Flammarion, Paris.
- Teyssot, G. (2012), "The Diagram as Abstract Machine", in *VIRUS / Revista do nomads*, n. 7, pp. 1-13. [Online] Available at: [www.nomads.usp.br/virus/virus07/secs/invited/virus\\_07\\_invited\\_1\\_en.pdf](http://www.nomads.usp.br/virus/virus07/secs/invited/virus_07_invited_1_en.pdf) [Accessed 15 March 2020].
- Teyssot, G. and Bernier-Lavigne, S. (2011), "Forme et information. Chronique de l'architecture numérique", in Guiheux, A. (ed.), *Action Architecture*, Éditions de la Villette, Paris, pp. 49-87.
- Thompson, D'A. (2009), *Forme et Croissance*, Seuil, Paris.
- Thompson, D. W. (1917), *On Growth and Form*, Cambridge University Press, Cambridge.
- von Uexküll, J. (2010), *Milieu animal et milieu humain*, Rivages, Paris.
- Vv. Aa. (2017), *Teshima Art Museum*, Fukutake Foundation, Naoshima.
- Wigley, M. (2001), "Network Fever", in *Grey Room*, n. 4, pp. 82-122. [Online] Available at: [www.mitpressjournals.org/toc/grey/4](http://www.mitpressjournals.org/toc/grey/4) [Accessed 15 February 2020].
- Young, M. (2018), "Paradigmatic Resolution: The Debased Flower Images of Young & Ayata", in *Paprika!*, vol. 3, issue 10. [Online] Available at: [yalepaprika.com/articles/paradigmatic-resolution-the-debased-flower-images-of-young-ayata](http://yalepaprika.com/articles/paradigmatic-resolution-the-debased-flower-images-of-young-ayata) [Accessed 26 March 2020].
- Young, M. and Young & Ayata (2015), *The Estranged Object*, Graham Foundation, Chicago.

## PROGETTO E COMPLESSITÀ

Un approccio multiscalare per attualizzare gli strumenti di controllo del progetto

## DESIGN AND COMPLEXITY

A multiscale approach for updating the project's control tools

Fabio Conato, Valentina Frighi

### ABSTRACT

Nell'attuale quadro congiunturale è necessario proporre un approccio integrato, multiscalare e multidisciplinare alla gestione del progetto di architettura, individuando strumenti di supporto decisionale per operare valutazioni multicriterio tra prestazioni tecniche e criteri ambientali differenti. Il presente contributo presenta gli esiti di attività di ricerca avviate con un PRRIITT all'interno del Dipartimento di Architettura dell'Università di Ferrara, con la collaborazione del Laboratorio Larco – Rete Alta Tecnologia Regione Emilia Romagna e di diverse imprese, per la messa a punto di un metodo di valutazione previsionale in fase progettuale delle diverse componenti di qualità ambientale generate dal sistema tecnologico, superando la semplificazione ad oggi insita negli attuali modelli di valutazione e certificazione.

In the current situation, it is necessary to propose an integrated, multiscale and multidisciplinary approach to manage the complexity of the architectural project, identifying decision support tools to perform multicriteria assessments between technical performance and different environmental criteria. This contribution presents the results of research activities undertaken in the framework of a PRRIITT within the Department of Architecture of the University of Ferrara, with the collaboration of the Larco Laboratory – High Technology Network of the Emilia Romagna Region and various companies, for the development of a method able to evaluate in a provisional way and during the design phase the different environmental quality components generated by the technological system, overcoming today simplification intrinsic in current assessment and certification models.

### KEYWORDS

approccio multiscalare, progettazione ambientale, progettazione tecnologica, materiali e prodotti innovativi, controllo prestazionale

multiscale approach, environmental design, technological design, innovative materials and products, performance control

**Fabio Conato**, Architect, is an Associate Professor in Technology for Architecture at the Department of Architecture of the University of Ferrara (Italy). His research activities are mainly focused on building envelope's domain, with particular attention towards the application of innovative building materials, components and systems. In the professional field, he works at both urban and architectonic scale. Mob. +39 335/38.85.61 | E-mail: fabio.conato@unife.it

**Valentina Frighi**, Architect, is a PhD Candidate at the Department of Architecture of the University of Ferrara (Italy). She carries out didactic and research activities on the domain of technologies for architecture, with a focus on building envelope's innovative materials and components. In the professional field, she acts as a consultant, providing technical and design support in studios and architecture's societies. Mob. +39 349/744.86.92 | E-mail: valentina.frighi@unife.it

«La crescente importanza che il contenimento dei consumi energetici ha acquisito nel settore edilizio [...] sta portando buona parte degli operatori del settore delle costruzioni a riconsiderare il proprio ruolo e contributo all'interno del processo edilizio in funzione di nuovi obiettivi e di nuove strategie legati al raggiungimento di standard qualitativamente più elevati [...]» (Gaspari, Trabucco and Zannoni, 2010, p. 15). È proprio l'innalzamento degli standards progettuali, imposto dalla continua evoluzione del quadro legislativo italiano e affiancato dall'ampliamento dei confini disciplinari e delle responsabilità in capo al progettista, che ha determinato l'insorgere di nuove esigenze; prime fra tutte il controllo della qualità in opera di materiali e componenti edilizi e dei parametri di sostenibilità ambientale a tutte le scale del processo edilizio, solo recentemente incorporate all'interno di direttive<sup>1</sup> cogenti per il settore delle costruzioni.

Nonostante ciò, la gestione di tali aspetti risulta quanto mai complessa, per via tanto della moltitudine degli aspetti in gioco quanto delle molteplici scale che il processo costruttivo coinvolge, specialmente quando si tratta di raggiungere gli obiettivi di qualità e sostenibilità richiesti dall'attuale congiuntura (Marino and Thiébat, 2019). La costante crescita di tali complessità (Tucci, 2014) implica un ripensamento del processo progettuale, che oggi deve essere più che mai integrato e capace di analizzare le diverse fasi che lo compongono nel rispetto della coerenza reciproca, contemplando l'intero processo e incentivando l'adozione – da parte di tutti gli operatori coinvolti – di soluzioni tecniche e progettuali più efficaci, che garantiscano il raggiungimento di standard qualitativi attraverso l'architettura stessa, intesa come 'luogo' di equilibrio dei diversi fattori (Fig. 1).

Stante la grande quantità di variabili da gestire, nonché l'interazione di un numero sempre crescente di specialismi e competenze, tra cui quelle ambientali (Dalla Valle, Lavagna and Campoli, 2016), una tra le priorità è quella di individuare strumenti di supporto decisionale per operare, in particolare, valutazioni multicriterio sia tra prestazioni tecniche differenti sia tra criteri ambientali differenti (Lavagna et alii, 2019). Pertanto, il presente contributo presenta gli esiti di un'attività di ricerca avviata con un Programma Regionale per la Ricerca Industriale, l'Innovazione e il Trasferimento Tecnologico (PRRIIT) all'interno del Dipartimento di Architettura dell'Università di Ferrara, con la collaborazione del Laboratorio Larco – Rete Alta Tecnologia Regione Emilia Romagna e di diverse imprese, per la messa a punto di un metodo di valutazione previsionale in fase progettuale delle diverse componenti di qualità ambientale generate dal sistema tecnologico, superando la semplificazione ad oggi insita negli attuali modelli di valutazione e certificazione.

**La dimensione ambientale del progetto** | La progettazione di un organismo edilizio, per la complessità dei temi affrontati e la molteplicità delle scale che coinvolge, richiede un approccio integrato che ne analizzi le diverse fasi in chiave interdisciplinare, in modo da assicurare

la rispondenza del progetto a determinati requisiti in una logica di sistema. Tale approccio non può prescindere dalla necessità di mettere in relazione le esigenze di sviluppo proprie della società contemporanea con il rispetto dell'ambiente circostante, rifacendosi agli ormai più che noti principi di sviluppo sostenibile<sup>2</sup> sviluppatisi a partire dagli anni '80 del secolo precedente (Fig. 2). Infatti, il concetto di sostenibilità ambientale è divenuto, a partire da quel momento, il denominatore comune di molte esigenze contemporanee, configurandosi come fattore «[...] di equilibrio fra le esigenze dello sviluppo antropico e dell'abitare, con le condizioni ambientali [...] finalizzate al benessere e alla salute delle persone» (Losasso, 2016, p. 230). In tale contesto, i bilanci ambientali, valutati in termini di impronta ecologica<sup>3</sup> (Wackernagel and Rees, 1996), divengono di fondamentale importanza per la pianificazione, gestione e monitoraggio della 'qualità' e, soprattutto, della 'sostenibilità' dei risultati delle azioni progettuali; un'analisi dettagliata delle attività alla base del metabolismo degli ambienti urbani è dunque condizione necessaria per assicurare uno sviluppo di tipo sostenibile (Cagnoli, 2017).

La Progettazione Ambientale sembra dunque aver raccolto l'eredità della cultura normativo-prestazionale su cui è stata fondata l'area della Progettazione Tecnologica, ridelineandola «[...] nelle dimensioni multiscaletti della governance di processi decisionali complessi, anche alla luce [...] degli avanzati obiettivi ambientali ad essi correlati» (Schiaffonati, Mussinelli and Gambaro, 2011, p. 52). La 'questione ambientale' nel progetto, nelle sue numerose articolazioni e implicazioni, diviene non più emendabile alla luce delle attuali crisi – climatica, energetica ed economica – nonché delle recenti disposizioni normative (Losasso, 2017; Fig. 3) portando con sé l'insorgere di nuove esigenze, «[...] prima fra tutte quella di valutare il grado di 'sostenibilità' di un edificio al fine di accrescerne il valore ambientale [...] mediante il riconoscimento univoco della sua qualità progettuale intrinseca» (Conato and Frighi, 2016, p. 26).

I protocolli di sostenibilità energetico-ambientale degli edifici costituiscono uno strumento potenzialmente molto efficace, sia per operare valutazioni multicriterio del progetto di architettura sia per orientare gli interventi di nuova costruzione e riqualificazione verso soluzioni efficienti ed efficaci. Tuttavia, l'elevato numero dei sistemi di certificazione diffusi a livello nazionale e comunitario, così come l'assenza di un quadro unitario e cogente, ne hanno, di fatto, limitato l'applicazione. In aggiunta a ciò, la complessa valutazione richiesta da alcuni parametri considerati all'interno di tali protocolli, sommata alla difficoltà di reperire tutti i dati necessari all'applicazione completa di alcuni di essi, rischia di semplificare eccessivamente la verifica di un sistema complesso come un edificio, celando potenziali distorsioni e restituendo, talvolta, risultati non veritieri (Ganassali, Lavagna and Campoli, 2016).

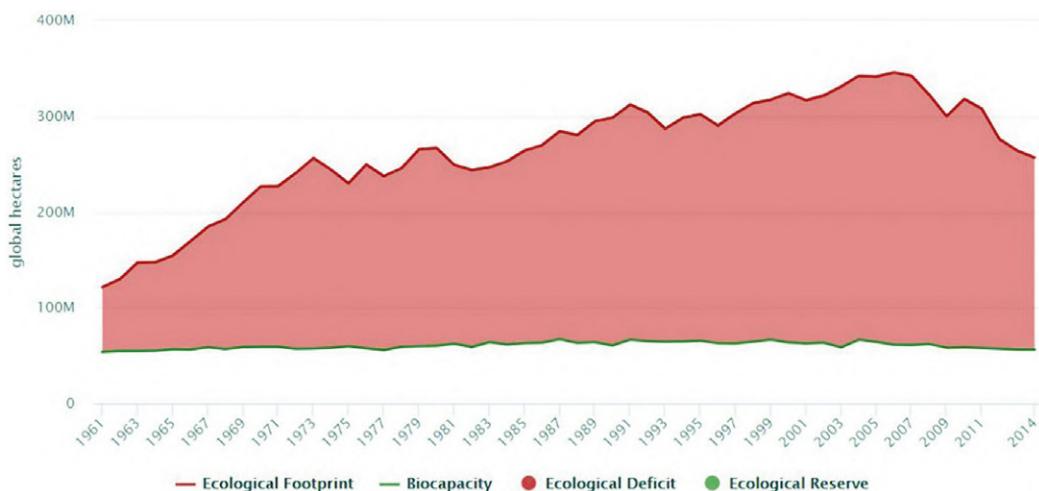
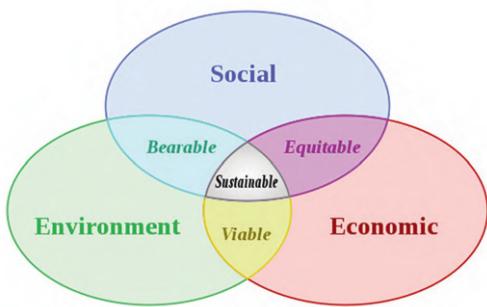
Gli strumenti a disposizione infatti, generalmente basati sulla compenetrazione tra competenze e specificità differenti proprie dell'approccio ambientale alla progettazione, sono so-

vente «[...] diversi e focalizzati su indicatori e aspetti diversi» (Lavagna et alii, 2019, p. 140) tanto alla scala dell'edificio quanto a quella del prodotto edilizio, rischiando di disorientare il progettista anziché guidarlo all'interno di tale complessità (Fig. 4). Ogni strumento di certificazione è costituito da molteplici categorie, caratterizzate da indicatori non comparabili tra loro; l'assegnazione di punteggi premiali sommabili l'uno all'altro, in base alla soglia di prestazione raggiunta, avviene molto spesso senza operare tali considerazioni in una logica d'insieme. Pare dunque lecito dubitare dell'attendibilità assoluta delle indicazioni fornite da tali strumenti in quanto il rating di sostenibilità in cui collocano l'edificio è elaborato arbitrariamente e autonomamente da ogni protocollo (Ganassali, Lavagna and Campoli, 2016).

**Un approccio multiscale per la verifica prestazionale del progetto di architettura** | Dall'esigenza di superare i limiti insiti negli strumenti esistenti è nata l'attività di ricerca alla base del presente studio. Scopo della stessa è la messa a punto di un modello di valutazione multicriterio e multiscale per la verifica prestazionale in fase previsionale del progetto di architettura, capace di consentire il controllo della coerenza alle diverse scale e sin dalle primissime fasi che caratterizzano il processo progettuale, in modo da fornire un supporto tecnico-decisionale per promuovere la sostenibilità energetico-ambientale negli edifici. Il metodo messo a punto analizza le varie fasi del processo progettuale in chiave interdisciplinare, delineando criteri di corretta progettazione tecnologica e ambientale e integrandoli con i corrispondenti principi fisici, al fine di ottenere strategie progettuali e soluzioni tecniche efficienti.

Rispetto alle tradizionali certificazioni energetiche e ambientali, il sistema proposto fornisce indicazioni di tipo prestazionale in chiave qualitativa, coprendo i diversi aspetti del processo progettuale dalla progettazione fino alla realizzazione e gestione. L'attività di ricerca che ha permesso la definizione del sopra richiamato approccio si è sostanziatata nelle seguenti fasi operative:

- i) riconoscimento dei limiti insiti negli attuali protocolli di valutazione (incomparabilità degli indicatori, complessità, attendibilità, ecc.);
- ii) definizione delle ipotesi di lavoro;
- iii) scomposizione del processo progettuale nelle sue fasi e definizione delle relative categorie di scelte progettuali corrispondenti (a titolo di esempio: 1. Scala generale-urbana: 1.1. Valutazione dei fattori di influenza nella progettazione dell'aggregato edilizio: a. Orientamento, b. Venti dominanti invernali, c. Brezze estive, d. Condizioni microclimatiche generali, e. Caratteristiche acustiche del contesto; 1.2. Valutazione dei fattori d'influenza nella progettazione del singolo organismo edilizio: a. Tipologia edilizia, b. Sviluppo dell'edificio in funzione di venti dominanti e brezze estive, c. Rapporto di forma, d. Spazi tampone);
- iv) individuazione, per ogni categoria, delle azioni progettuali da intraprendere e delle relative soluzioni tecniche ad esse corrispondenti;
- v) impostazione di una campagna di monitoraggio su due edifici di nuova costruzione (ca-



Categories under evaluation						
Protocols	Application site	Water	Energy	Materials	Indoor comfort	Management
BREEAM	Transports, Use of soil	Water	Energy, Pollution	Building materials, Waste	Wellness	Innovation and management
KlimaHaus CasaClima		Water impact	Building envelope and building energy efficiency	Environmental impact of building materials	IAQ, Natural daylighting, Acoustic comfort	
GREEN BUILDING GUIDE ITALIA	Site's sustainability	Water management	Energy and Atmosphere	Building materials and resources	Internal environmental quality	Innovation in design
PROTOCOLLO ITACA	Site's quality	Resources' consumption	Resources' consumption, Environmental loads	Environmental loads	Indoor environmental quality	
HQE <sup>®</sup>	Site, Construction field	Water	Energy	Building components, Construction field, Waste	Comfort, Wellbeing	Mainteniance
DGNB	Site's quality	Ecological quality	Ecological and Technical quality	Ecological and Process' quality	Socio-cultural and functional quality	Economical quality

Fig. 1 | RPBW, 'Jean-Marie Tjibaou Cultural Center', Nouméa, New Caledonia, 1998 (credit: JOOZLY, upload.wikimedia.org).

Fig. 2 | Definition of the concept of 'sustainable development' through the intersection between the domains of the principles of environmental quality, economic development and social equity (credit: Johann Dréo, translation by Pro bug catcher).

Fig. 3 | Ecological Footprint and Bio-capacity in Italy from 1961 to nowadays (source: Global Footprint Network, 2018 National Footprint Account).

Fig. 4 | A comparison between existing protocols for buildings' energy environmental assessment (source: www.habitami.it).

si-studio) finalizzata al rilevamento del livello di risposta in opera di ciascuna soluzione tecnica ipotizzata;

vi) assegnazione di punteggi sintetici a ciascuna soluzione tecnica e per ogni categoria di azioni progettuali, indice della compatibilità ambientale delle stesse, in relazione alle specifiche condizioni al contorno dei casi studio in esame;

vii) estensione dei principi sopra esposti in funzione della variabilità delle condizioni al contorno.

**La formalizzazione di attuali strumenti di controllo per la gestione della complessità del progetto** | La predisposizione di un'intensa attività di monitoraggio sui casi studio ha permesso di ricavare i dati sperimentali su cui si basa il metodo di valutazione oggetto della ricerca. I due edifici pilota, a destinazione prevalentemente residenziale, sono oggi entrambi realizzati nella provincia bolognese: si tratta di un edificio a torre (Fig. 5) e di un edificio in linea. Nel primo edificio, la chiusura è costituita da un involucro a tutta superficie con seconda pelle attiva in vetro su pelle di base in calcestruzzo cellulare; in corrispondenza delle aperture dirette verso l'esterno, l'involucro è dotato di una seconda pelle interattiva a singoli elementi discreti che permette di operare un controllo sul soleggiamento e sul flusso luminoso in ingresso nelle diverse stagioni. Nel secondo caso studio invece, l'involucro è costituito da una facciata ventilata a tutta superficie su pelle di base extra-isolata in laterizio porizzato, con presenza di singoli elementi discreti di protezione solare (balconi e aggetti orizzontali) progettati in funzione dell'orientamento del fabbricato e della destinazione d'uso dei vani ad essi retrostanti (Conato and Cinti, 2014).

Il monitoraggio del livello di risposta in opera delle diverse soluzioni tecniche impiegate in tali edifici pilota ha permesso di determinare gli effetti prestazionali corrispondenti, mettendo in relazione i dati sperimentali raccolti con i risultati attesi da tali azioni progettuali. L'elaborazione dei dati così ottenuti ha poi consentito di stilare delle 'griglie di valutazione' che mettono in relazione le singole azioni progettuali con un punteggio sintetico, indice della 'compatibilità' di ciascuna di esse al variare delle condizioni a contorno, ottenendo così una stima in termini quantitativi e qualitativi del risultato prestazionale atteso da ciascuna scelta messa in campo. I punteggi assegnati a ciascuna 'azione' infatti, in un range da 1 a 3 (cui si sommano o sottraggono eventuali correttivi assegnati ad accorgimenti progettuali più minimi), permettono di avere, con buona approssimazione, il controllo a priori della misura in cui le singole azioni progettuali influenzano gli aspetti inerenti la progettazione ambientale del costruito.

Tale approccio, di tipo sintetico e a natura bidirezionale, concepisce le varie fasi progettuali come processi soggetti a una continua implementazione, definendo un sistema di matrici aperte capace di legare i diversi elementi in maniera trasversale, organizzando e integrando tra loro azioni differenti in modo sinergico, premiadone la coerenza reciproca e calandole nel contesto specifico. La verifica dei para-

metri ambientali e la rispondenza del progetto a determinati requisiti avviene, in esso, tramite un processo collaborativo capace di garantire che i criteri ambientali trovino una rispondenza nelle caratteristiche prestazionali del progetto esecutivo. In questo modo si è andato configurando uno strumento operativo in grado di orientare la progettazione verso il compimento di azioni efficaci e organizzate, tali da consentire un controllo integrato a tutte le scale delle varie soluzioni ipotizzate.

**Il modello di supporto decisionale al progetto** | L'approccio messo a punto si basa sulla gestione del progetto come insieme di matrici coordinate per la risoluzione di istanze complesse attraverso la giustapposizione di elementi eterogenei. Secondo tale logica non più lineare, ciascuna categoria di scelte progettuali si è andata configurando come una matrice aperta per la messa a punto di soluzioni tecniche 'a menu', soggetta a una continua revisione grazie alla possibilità di implementare la griglia di valutazione con verifiche in opera degli effetti prestazionali derivanti dalle scelte progettuali effettuate. In questo modo è stato possibile superare il limite insito nell'utilizzo di soluzioni conformi, lasciando la più ampia libertà agli utilizzatori finali nella declinazione di tale modello, in accordo con i parametri stabiliti dalla normativa cogente.

Nel metodo proposto, infatti, vengono assegnati, in maniera transcalare a ciascun elemento e ambito di indagine, punteggi sintetici corrispondenti ad azioni progettuali concettuali, permettendo la definizione di 'principi di buona progettazione' coerenti con le diverse fasi del processo e capaci di generare organismi insediativi e tipologici flessibili a partire dall'interpretazione dei contesti di appartenenza, integrandosi con essi o innovandoli. Tale approccio si articola secondo la scomposizione del processo progettuale in tre fasi: la generale (mega), nella quale avviene la progettazione dell'aggregato edilizio e dunque l'inserimento dell'edificio nel contesto circostante; l'architettonica, nella quale s'interviene sui parametri interni al singolo edificio; l'esecutiva (nano), nella quale vengono verificate le istanze proprie della fase realizzativa attraverso la definizione del sistema di involucro, nonché le interazioni tra interno ed esterno, rispondendo a determinati requisiti prestazionali così come a esigenze specifiche dettate dal contesto di applicazione attraverso il corretto impiego e posa in opera di materiali e componenti.

Per ciascuna scala di approfondimento, il metodo propone una valutazione previsionale delle diverse componenti di qualità ambientale generate dal sistema tecnologico, mediante la definizione e il calcolo di un punteggio, definito di 'compatibilità', dato dalla sommatoria di più componenti singole derivanti dall'analisi di tutti gli aspetti di progettazione ambientale ad essa correlati (Fig. 6).

Alla scala generale, i parametri presi in esame riguardano la corretta definizione delle soluzioni volumetriche e aggregative più idonee, al fine di massimizzare l'apporto delle risorse che caratterizzano l'ambito di applicazione del progetto, minimizzando i fattori negativi (Fig. 7).

A questa scala, le azioni progettuali valutate positivamente riguardano l'orientamento dei fabbricati all'interno del lotto, la densità e la conformazione dell'aggregato in relazione alla direzione dei venti dominanti (in funzione della formazione di spazi aperti, semi-aperti o protetti) e l'adozione di eventuali correttivi specifici derivanti dalle condizioni microclimatiche generali dell'area di progetto – permeabilità del lotto, presenza di specchi di acqua con funzione di mitigazione climatica, presenza di vegetazione in grado di offrire una protezione solare efficace, presenza di fonti di inquinamento acustico, presenza di fattori che influiscono sugli scambi termici tra terreno e atmosfera, ecc. (Fig. 8).

Scendendo di scala e prendendo in esame la progettazione del singolo organismo edilizio, i parametri considerati hanno riguardato i suoi caratteri morfologici e distributivi, attraverso la definizione della tipologia edilizia più idonea e della sua relazione con l'ambiente climatico (Fig. 9) al fine di controllare la relazione del tipo edilizio scelto con il contesto geografico di applicazione e l'assetto morfologico del costruito, valutandolo sia un funzione del suo rapporto di forma sia in funzione dell'adozione di eventuali accorgimenti correttivi generati da soluzioni particolari di dettaglio – come, ad esempio, la presenza di coperture dotate di zone filtro capaci di ridurre il carico termico in copertura, o, ancora, la presenza di soluzioni ambientali a recupero energetico, che, se ben progettate, consentono di ottenere, durante la stagione invernale, guadagni termici significativi (Fig. 10). La 'compatibilità' del singolo edificio dovrà dunque tenere conto delle caratteristiche principali di quest'ultimo in relazione ai fattori esterni, ovvero l'orientamento del fabbricato nel lotto e la sua capacità di proteggersi dai venti invernali sfruttando le brezze estive, così come del suo rapporto di forma, corretto in base alla quantità di superficie disperdente e alla presenza o meno di spazi tampone.

La valutazione comparata dei parametri in grado d'influenzare la qualità del costruito deve poi spostarsi alle azioni progettuali relative ai caratteri interni dell'edificio, in relazione alle esigenze di comfort termico, luminoso e acustico. Alla scala architettonica andranno dunque valutate le caratteristiche di distribuzione interna dei vani sulla base delle suddette esigenze, la qualità del grado di ventilazione naturale presente e, di conseguenza, la qualità dell'aria interna in funzione del tipo di attività prevista (Fig. 11). In questo caso, il sistema proposto andrà applicato su ciascuna unità abitativa dell'organismo edilizio in esame, sommando i punteggi ricavati dall'analisi di ciascuna di esse per ottenere la valutazione complessiva dell'intero edificio.

Alla scala esecutiva, infine, è stato definito un campione di azioni progettuali per orientare la progettazione dei sistemi di involucro e definirne la composizione stratigrafica in funzione del comportamento atteso dal punto di vista termo-energetico e termo-igrometrico. In particolare, per le chiusure, si fa riferimento sia alle prestazioni raggiungibili dagli involucri nel loro insieme, sia ai materiali, alle tecnologie e ai criteri di funzionamento identificati per le pelli di base e le seconde pelli. Il giudizio ottenuto

terrà infatti conto del corretto posizionamento di porzioni opache e trasparenti, nonché della definizione delle caratteristiche materiche e prestazionali degli strati che compongono l'involucro (Fig. 12).

In questo caso specifico, il comportamento prestazionale di ciascuna soluzione tecnica di dettaglio, rilevato attraverso la campagna di monitoraggio effettuata, ha dato esiti diversificati e talvolta imprevisti rispetto a quanto atteso dal rispetto dei meri parametri normativi; a titolo di esempio, l'adozione di pareti fortemente massive in orientamenti per i quali non è necessaria un'inerzia termica elevata ha determinato, in un caso, la sottrazione di calore dall'ambiente interno, per aumentare, seppur in maniera non significativa, la temperatura superficiale del pacchetto di chiusura, a scapito della temperatura dell'aria interna. Nei casi in cui invece la quantità di soleggiamento sulla facciata si protrae nell'arco della giornata, l'adozione di strati a maggior pesantezza si è tradotta in una significativa riduzione del flusso di calore tra interno ed esterno, grazie alla capacità termica posseduta dal pacchetto.

**Conclusioni** | I sistemi multicriteriali per la valutazione e certificazione ambientale nel campo delle costruzioni generalmente individuano una serie di criteri cui assegnano un indicatore di prestazione e relativo valore soglia, tarato in base al raggiungimento di un livello prestazionale maggiore rispetto alla prassi convenzionale o ai valori minimi imposti dalle normative vigenti. Il grado di 'qualità' di un progetto viene determinato in base alla soglia di prestazione raggiunta, calcolata sommando una serie di punteggi premiali ottenuti attraverso la conversione dei diversi valori riferiti agli impatti ambientali e ai livelli qualitativi ambientali e tecnologici del progetto in esame (Ganassali, Lavagna and Campioli, 2016).

Tra i circa 600 metodi esistenti in tutto il mondo (Vierra, 2019) solo una parte di essi si concentra sulla valutazione 'olistica' di più componenti mentre altri prendono in esame soltanto alcuni aspetti (come ad esempio il consumo di energia). Il denominatore comune rimane comunque la riduzione dell'impatto ambientale del costruito e la valorizzazione del comfort e della salute umana (Florez, 2020). Tuttavia, capita che in tali sistemi la valutazione di 'qualità' avvenga riducendo organismi complessi – come quelli edili – a una verifica per parti (Ganassali, Lavagna and Campioli, 2016) o riferendo la definizione dei criteri e dei relativi indici di prestazione a condizioni locali o, ancora, assegnando pesi e punteggi in maniera arbitraria (Chandratilake and Dias, 2013), rendendo così difficoltosa la loro applicazione e, talvolta, scarsamente attendibile la valutazione da essi ottenuta.

Il metodo messo a punto mira invece a superare le semplificazioni insite in alcuni dei soprannominati modelli di valutazione e certificazione; in esso, infatti, il sistema di verifica preventiva delle azioni progettuali alle diverse scale del progetto di architettura, basato sull'assegnazione a queste di punteggi sintetici (indice della loro efficacia nello specifico contesto di applicazione), permette di effettuare scelte progettuali assai libere, ottimizzandone le caratteri-



**Fig. 5** | Residential Tower in Castelmaggiore (Bologna), during the construction phase of the double-skin glass facades. Building's general features: 7,000 sqm of built surface, n. 90 apartments, n. 1 commercial structure, n. 1 restaurant, n. 1 Spa, offices (credit: F. Conato and V. Frighi).

Next page

**Fig. 6** | Example of the synthetic grid for the assessment of the 'environmental compatibility' at the scale of the building aggregate. The analysed score is given by the sum of the components related to: orientation – po, prevailing winter winds – pvi, summer breezes – pbe, general microclimatic conditions – pmg and acoustic characteristics of the context – pa (credit: F. Conato and V. Frighi).

stiche tecnologiche in funzione dei singoli parametri da controllare e gestendo i potenziali conflitti che spesso nascono nel controllo di parametri differenti rispetto a una determinata soluzione progettuale, consentendo, in questo modo, di rispondere in maniera adeguata a istanze complesse attraverso un linguaggio architettonico contemporaneo.

In base alle criticità e alle potenzialità emerse dai dati di monitoraggio in relazione alle singole soluzioni tecniche adottate negli edifici pi-

lota, è stato infatti possibile sviluppare uno strumento decisionale di supporto capace di tenere conto delle potenzialità e vocazioni di ciascuna soluzione tecnica in nuce, punto di partenza per lo sviluppo di un progetto di architettura che tenga conto di obiettivi e strategie complesse, che cioè includono e integrano aspetti fra loro complementari. Grazie all'attività condotta sui soprarichiamati cantieri pilota, sono stati identificati obiettivi prestazionali e relativi target 'quantitativi' considerati accetta-

bili per poi verificare progressivamente l'efficacia delle strategie attivate per il raggiungimento dei suddetti obiettivi. La sequenza fra azioni progettuali, punteggi loro assegnati e relative soluzioni tecniche ipotizzate ha consentito di operare un confronto – in relazione agli indicatori ritenuti più rilevanti – fra la condizione ex ante e la condizione progettata, attraverso una valutazione sintetica ottenuta dall'applicazione dei punteggi proposti.

Lo strumento operativo così ottenuto si configura dunque quale mezzo capace di orientare la progettazione a tutti i livelli che caratterizzano la produzione di un'opera architettonica, consentendo di affrontare – attraverso matrici aperte definite grazie ai dati sperimentali di ritorno ottenuti dalle campagne di monitoraggio – la complessità delle variabili in gioco in maniera sistematica e integrata, controllando la rispondenza degli effetti prestazionali prodotti dalle singole soluzioni progettuali adottate rispetto a quanto atteso, e garantendo al contempo il raggiungimento di standard di qualità ambientale del costruito nel pieno rispetto delle normative vigenti.

Tale approccio infatti, basato sulla valutazione comparata degli effetti prodotti dalle diverse soluzioni progettuali, non è assolutamente da intendersi alternativo alla verifica normativa – sulla base della quale le diverse soluzioni tecniche ipotizzate andranno certamente verificate in una fase successiva – bensì si propone quale metodo di supporto decisionale al progetto, per orientare quest'ultimo alle diverse scale, offrendo un approccio integrato per ripensare in modo sistematico la complessità delle variabili in gioco. La possibilità inoltre, di implementare con dati successivi il sistema matriciale messo a punto, consente di renderlo adattabile alla variabilità delle condizioni al contorno nonché alle esigenze in continuo mutamento della società contemporanea.

---

The growing importance that energy consumption control has acquired in the construction sector is leading a large part of its operators to reconsider their role and contribution within the construction process concerning new objectives and new strategies linked to the achievement of higher quality standards (Gaspari, Trabucco and Zannoni, 2010). It is precisely the raising of design standards, imposed by the continuous evolution of the Italian legislative framework and flanked by the extension of disciplinary boundaries and responsibilities of the designer, which has determined the emergence of new needs; first of all, the on-site quality control of building materials and components so as the environmental sustainability parameters at all scales of the building process, only recently incorporated into mandatory directives<sup>1</sup> for the construction sector.

Despite this, the management of these issues is more complex than ever due to the multitude of aspects involved as well as the multiple scales that the construction process involves, especially when it comes to achieving the quality and sustainability objectives required by the current situation (Marino and Thiébat,

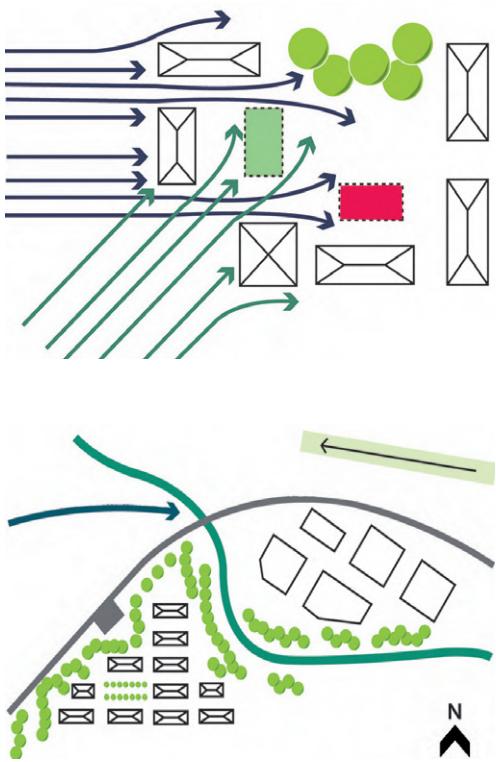
2019). The constant growth of these complexities (Tucci, 2014) implies a rethinking of the design process, which today must be more integrated and capable of analysing the different phases that compose it, respecting the mutual coherence, contemplating the whole process and encouraging the adoption – by all the operators involved – of more effective technical solutions, able to guarantee the achievement of quality standards through the architecture itself, intended as ‘place’ in which the various factors come to a synthesis (Fig. 1).

Given the large number of variables to manage, as well as the interaction of an ever-growing number of specialities and skills, including environmental ones (Dalla Valle, Lavagna and Campioli, 2016), one of the priorities is to identify decision support tools to operate, in particular, multicriteria assessments both between different technical performances as well as different environmental criteria (Lavagna et alii, 2019). Therefore, this contribution presents the results of a research activity launched with a Regional Program for Industrial Research, Innovation and Technology Transfer (PRRIITT) within the Department of Architecture of the University of Ferrara, with the collaboration of the Larco Laboratory – High Technology Network of the Emilia Romagna Region and various companies, for the development of a method able to evaluate in a provisional way and during the design phase the different environmental quality components generated by the technological system, overcoming today simplification intrinsic in current assessment and certification models.

**The project's environmental dimension** | The design of a building, due to the complexity of the issues addressed and the multiplicity of scales it involves, requires an integrated approach that analyses the various phases under an interdisciplinary point of view, to ensure the project to meets specific requirements in a system logic. This approach cannot be separated from the need to relate the development of contemporary society with the respect of the surrounding environment, referring to the well-known principles of sustainable development<sup>2</sup>. Developed since the 1980s (Fig. 2), the concept of environmental sustainability has become, from that moment, the common denominator of many contemporary needs, taking shape as a factor of balance between the needs of anthropic development and living, with the environmental conditions aimed at ensuring the well-being and people's health (Losasso, 2016). In this context, environmental balances, evaluated in terms of ecological footprint<sup>3</sup> (Wackernagel and Rees, 1996), become of fundamental importance for planning, management and monitoring the ‘quality’ and, above all, the ‘sustainability’ of project's results; therefore, a detailed analysis of the activities underlying the urban metabolism is a necessary condition for ensuring a sustainable development (Cagnoli, 2017).

Therefore, the Environmental Design seems to have collected the heritage of the performance-regulatory culture on which the area of Technological Design was founded, redefining

$P_{Aca} = \frac{p_o + 0,80 p_{vi} + 0,50 p_{be} + p_{mg} + 0,80 p_a}{5}$						
<b>P<sub>o</sub></b>						
<u>Season</u>	0%	<u>% of shadow</u>				
Summer	1	10% < s < 30%	s > 30%			
Winter	3	0	0			
<b>P<sub>vi</sub></b>						
<u>surrounding area</u>	<u>basic score</u>					
Open	1					
Semi-open	2					
Protected	2,5					
In case of single buildings, both in open areas as in historic town, the basic score will always be equal to 1.						
<i>Correctives</i>						
Presence of obstacles at a distance lower than 30 m, opposite in direction in relation to prevailing winds	+ 0,80					
Presence of urban areas	+ 1					
Green areas with opposite in direction in relation to prevailing winds	+ 1					
<b>P<sub>be</sub></b>						
<u>surrounding area</u>	<u>basic score</u>					
Open	3					
Semi-open	2					
Protected	1					
In case of single buildings, both in open areas as in historic town, the basic score will always be equal to 1.						
<i>Correctives</i>						
Presence of water in the direction of prevailing winds	+ 0,80					
Presence of urban areas	- 0,50					
Presence of obstacles at a distance lower than 30 m, opposite in direction in relation to summer breezes	- 0,40					
Green areas opposite in direction to summer breezes	- 0,20					
<b>P<sub>mg</sub></b>						
<u>basic score = 1</u>						
<i>Correctives</i>						
Presence of water	+ 1					
Presence of urban areas	- 0,50					
Presence of big green surfaces	+ 0,50					
Presence of big paved surfaces	- 0,20					
Presence of water for climatic mitigation	+ 0,30					
Presence of highways	- 0,50					
<b>P<sub>a</sub></b>						
<u>basic score = 1,5</u>						
<i>Correctives</i>						
Presence of urban areas	- 0,20					
Presence of industrial areas	- 0,30					
Presence of highways	- 0,40					
Presence of strategic infrastructure (railways, airports)	- 0,50					
Presence of green areas to protect from noise sources	+ 0,20					
Presence of acoustic mitigation elements	+ 0,50					



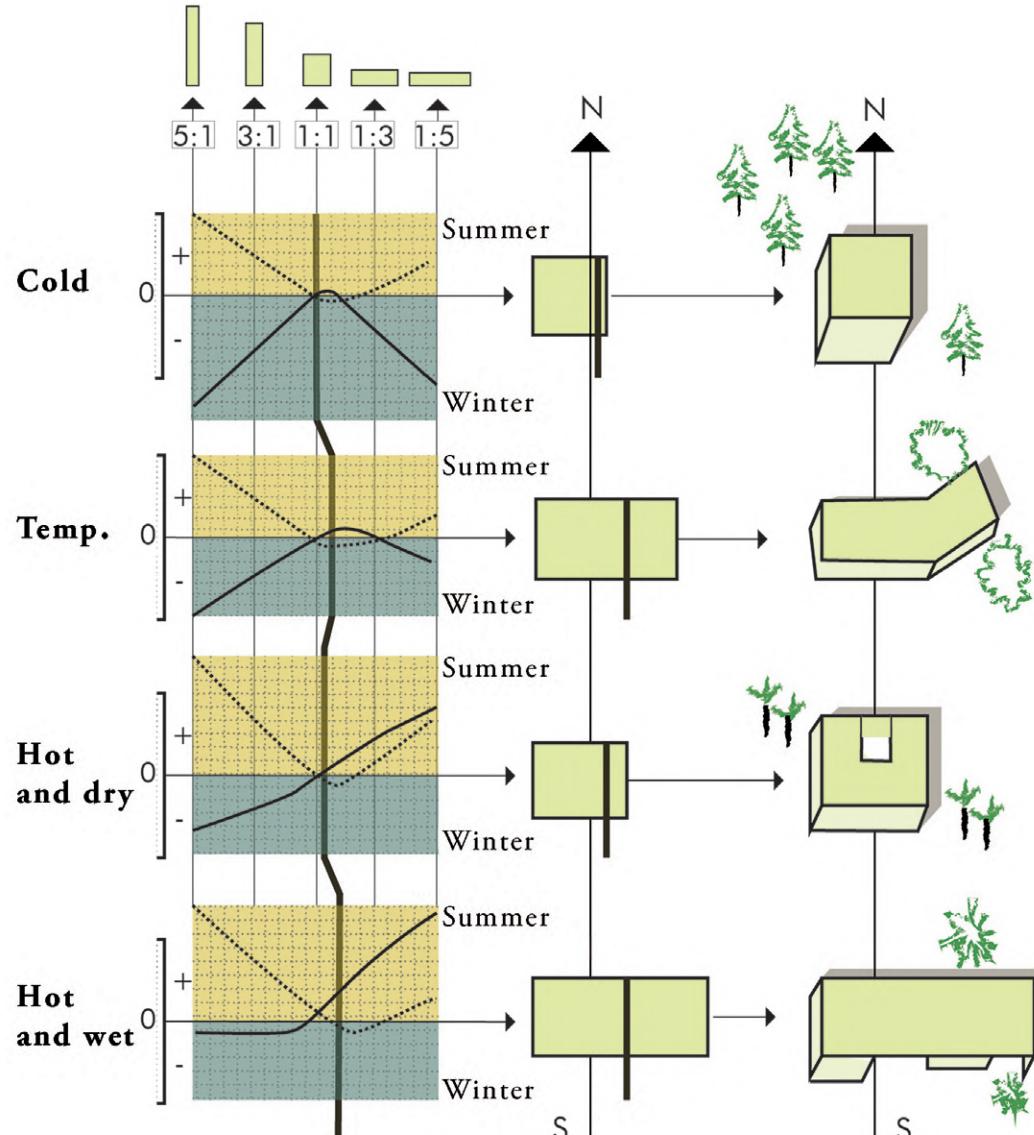
**Fig. 7** | Synthetic indications for the design of the building aggregate concerning the direction of the prevailing winds (credit: F. Conato and V. Frighi).

**Fig. 8** | The general microclimatic conditions of the project area significantly influence the design of the building aggregate, especially about the presence of peculiar aspects towards which the single rules' compliance cannot give the right relevance – among them the site's morphology, the presence of natural or artificial obstacles and infrastructures, the characteristics of the surrounding surfaces, etc. (credit: F. Conato and V. Frighi).

**Fig. 9** | Relationship between building morphology, building typology and climatic environment (credit: F. Conato and V. Frighi).

it «[...] in the multiscale dimensions of the governance of complex decision-making processes, also in light [...] of the advanced environmental objectives thus related» (Schiaffonati, Mussinelli and Gambaro, 2011, p. 52). The 'environmental dimension' of a project, in its numerous articulations and implications, becomes no longer amendable in light of the current crises – climatic, energy and economic – as well as of the recent regulatory provisions (Losasso, 2017; Fig. 3) bringing with it the emergence of new needs, first of all, that of evaluating the degree of 'sustainability' of a building to increase its environmental value through the unique recognition of its intrinsic design quality (Conato and Frighi, 2016).

The energy-environmental sustainability buildings protocols are a potentially very effective tool, both for carrying out multi-criteria evaluations of the architectural project and for directing new construction and redevelopment interventions towards efficient and effective solutions. However, the high number of certification systems disseminated at national and community level – as well as the absence of a unitary and binding framework – have limited their application. In addition to this, the complex evaluation required by some parameters considered within these protocols, coupled with



the difficulty of finding all the data necessary for the complete application of some of them, risks to excessively simplifying the verification of a complex system such as a building, concealing potential distortions and sometimes returning untruthful results (Ganassali, Lavagna and Campioli, 2016).

Indeed, available tools generally based on the interpenetration between different skills and specificities, typical of the environmental design approach, are often «[...] different and focused on different indicators and aspects» (Lavagna et alii, 2019, p. 140) both at the scale of the building than that of the building product, risking to confuse the designer instead of guiding him within this complexity (Fig. 4). Each certification tool consists of multiple categories, characterized by non-comparable indicators; the awarding of reward points that can be added to each other, based on the performance threshold reached, occurs very often without making these considerations in an overall logic. Therefore, it seems legitimate to doubt the absolute reliability of the indications provided by these tools since the sustainability rating in which they place the building is arbitrarily elaborated independently by each protocol (Ganassali, Lavagna and Campioli, 2016).

**A multiscale approach for the performance evaluation of the architectural project** | The research underlying the present study was born from the need to overcome the limits intrinsic in existing tools. The purpose of it is the development of a multi-criteria and multi-scale assessment model for the performance evaluation, in a provisional way, of the architectural project, capable of allowing consistency checks at the various scales and from the very first stages that characterize the design process to provide technical decision-making support to promote energy-environmental sustainability in buildings. The method developed analyses the various phases of the design process in an interdisciplinary key, outlining criteria of correct technological and environmental design and integrating them with the corresponding physical principles, to obtain efficient design strategies and technical solutions.

Compared to traditional energy and environmental certifications, the proposed system provides performance indications in qualitative terms, covering the different aspects of the design process from the project to implementation and management. The research activity that allowed the definition of the aforementioned approach took place in the following operational phases:

- i) recognition of the limits intrinsic in the current evaluation protocols (incomparability of the indicators, complexity, reliability, etc.);
- ii) definition of working hypotheses;
- iii) breakdown of the design process into phases and definition of the relative categories of corresponding design choices (for example: 1. General-urban scale: 1.1. Evaluation of the influencing factors in the design of the building aggregate: a. Orientation, b. Prevailing winter winds, c. Summer breezes, d. General microclimatic conditions, e. Acoustic characteristics of the context; 1.2. Evaluation of the influencing factors in the design of the single building: a. Building typology, b. Building development as a function of prevailing winds and summer breezes, c. Surface-to-volume ratio, d. Buffer spaces);
- iv) identification, for each category, of the project actions to be undertaken and of the related technical solutions corresponding to them;
- v) setting up of a monitoring campaign on two new buildings (case-studies) aimed at detecting the response level of each planned technical solution;
- vi) assignment of synthetic scores to each technical solution and for each category of project actions, index of their environmental compatibility with the specific conditions surrounding the case studies under examination;
- vii) extension of the above principles according to the variability of the boundary conditions.

**The formalization of current control tools to manage the design complexity** | The preparation of robust monitoring activity on the case-studies allowed to obtain the experimental data on which the evaluation method under examination is based. The two pilot buildings, mainly for residential use, are today both built in the province of Bologna: it is a tower building (Fig. 5) and a linear building. In the first building, the external closure consists of a full-surface building envelope with a second active glass skin on a cellular concrete basic skin; in correspondence with the openings directed towards the outside, the casing is equipped with a second interactive skin with single discrete elements that allow controlling the incident solar radiation in both seasons. On the other hand, in the second case study, the envelope is made up of a ventilated full-surface facade above an extra-insulated basic skin in pore brick, with the presence of individual discrete elements to protect from the sun (balconies and horizontal overhangs), designed according to the building's orientation and the intended use of the rooms behind them (Conato and Cinti, 2014).

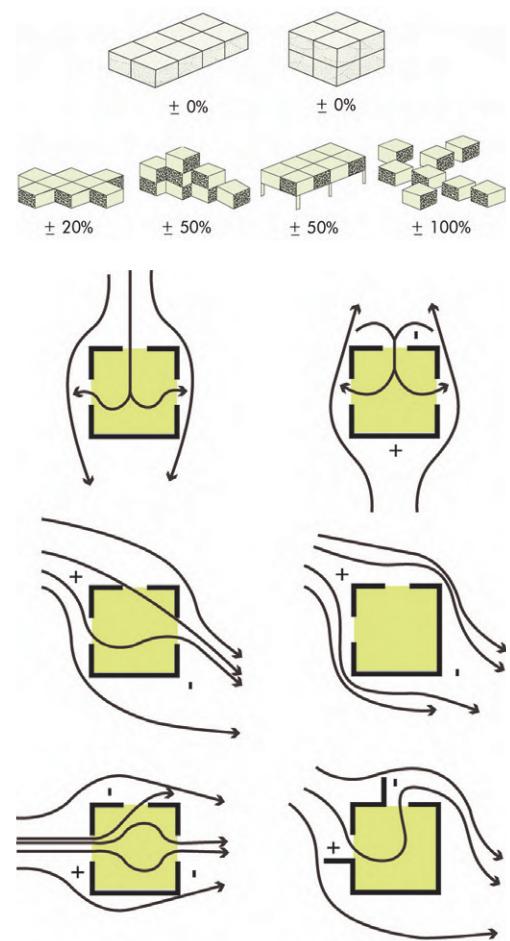
Monitoring the response level of the various technical solutions used in these pilot buildings made it possible to determine the corresponding performance effects, relating the experimental data collected with the expected results coming from these design actions. Then, the processing of data obtained in this way made it possible to draw up 'evaluation grids' which relate the individual project actions with a synthetic score, index of the 'compatibility' of each of them as the boundary conditions vary, thus obtaining a quantitative

and qualitative estimation of the expected performance result from each choice put in place. The scores assigned to each 'action' in fact, in a range from 1 to 3 (to which are added or subtracted eventual correctives assigned to more minute design measures), allow to have, with a good approximation and since the beginning, the control of the extent to which the individual project actions influence the aspects inherent the environmental design of buildings.

This synthetic and bidirectional approach conceives the various design phases as processes subject to continuous implementation, defining a system of open matrices capable of binding the different elements in a transversal way, organizing and synergistically integrating different actions, rewarding their mutual coherence and placing them in the specific context. The verification of the environmental parameters and the compliance of the project with certain requirements takes place in it through a collaborative process capable of ensuring that the environmental criteria find a correspondence in the performance characteristics of the executive project. In this way, an operating tool has been configured: it can direct the design towards the accomplishment of effective and organized actions, such as to allow an integrated control of all the various hypothetical solutions at all scales.

**The project's decision-making support model** | The approach developed is based on project management as a set of coordinated matrices for the resolution of complex instances through the juxtaposition of heterogeneous elements. According to this no longer linear logic, each category of design choices has been configured as an open matrix for the development of tailored technical solutions, subject to a continuous revision thanks to the possibility of implementing the evaluation grid with on-site tests of the performance effects deriving from the design choices made. In this way, it was possible to overcome the limitations intrinsic in the use of compliant solutions, leaving to end-users the widest freedom in declining this model, following the parameters established by the mandatory regulations.

Indeed, in the proposed method, synthetic scores corresponding to conceptual design actions are assigned to each element and field of investigation, allowing the definition of 'principles of good design' consistent with the different phases of the process and capable of generating flexible organisms starting from the interpretation of the application contexts, integrating with them or innovating them. This approach is articulated according to the breakdown of the design process into three phases: the general one (mega), to which the design of the building aggregate takes place and therefore the insertion of the building within the surrounding context; the architectural one, within which it is possible to act on the parameters responsible for internal comfort of every single building; the executive one (nano), to which the specific requirements of the construction phase are verified through the definition of the building envelope system, as well as the interactions between inside and outside, responding



**Fig. 10** | Comparison between different shapes with the same built volume and their percentages of dispersing surfaces. The surface/volume ratio of an energy-efficient building is assumed to be equal to or less than 0.6 (credit: F. Conato and V. Frighi).

**Fig. 11** | Windows' arrangement and air movements within confined spaces (credit: F. Conato and V. Frighi).

to certain performance requirements as well as to specific needs dictated by the application context through the correct use and installation of materials and components.

For each scale of analysis, the method proposes a provisional assessment of the various components of environmental quality generated by the technological system, by defining and calculating a 'compatibility' score, given by the sum of several individual components deriving from the analysis of the whole aspects of environmental design related to it (Fig. 6).

At the general scale, the parameters taken into account concerned the correct definition of the most suitable volumetric and aggregative solutions, to maximize the contribution of the resources that characterize the scope of the project, minimizing negative factors (Fig. 7). At this scale, the positively evaluated design actions concern the orientation of the buildings within the lot, the density and conformation of the aggregate in relation to the direction of the prevailing winds (depending on the formation of open, semi-open or protected spaces) and the adoption of any specific corrective measures deriving from the general microclimatic conditions of the project area – permeability of the lot, presence of water mirrors with climate mitigation function, presence of vegetation ca-



**Fig. 12** | Application of the method for the evaluation of building envelope performance to one of the 'pilot' buildings: see how the assignment of synthetic scores to each technical solution put in place makes it possible to obtain immediate performance feedback of the contribution provided by them to the overall system performance (credit: F. Conato and V. Frighi).

pable of offering effective sun protection, presence of sources of noise pollution, presence of factors that influence the heat exchange between the soil and the atmosphere, etc. (Fig. 8).

Going down the scale and taking into consideration the design of the single building organism, the parameters considered concerned its morphological and distributional features, through the definition of the most suitable building typology and its relationship with the climatic environment (Fig. 9) to check the relationship of the building type chosen with the application geographic context and the morphological structure of the building, evaluating it both as a function of its surface-to-volume ratio so as concerning the adoption of any corrective measures generated by particular detailed solutions – such for example, the presence of roofs equipped with filter areas capable of reducing the roof's thermal load, or, again, the presence of energy recovery environmental solutions, which, if well designed, allow to obtain, during the winter season, significant thermal gains (Fig. 10). The 'compatibility' of the single building must, therefore, take into account its main features concerning external factors, i.e. the orientation of the building in the lot and its ability to protect itself from the winter winds by taking advantage of the summer breezes, as well as its surface-to-volume ratio, corrected based on the quantity of dispersant surface and the presence or absence of buffer spaces.

The comparative evaluation of the parameters capable of influencing the quality of the building must then move on the design actions relating to the internal building features, about the needs of thermal, light and acoustic comfort. At the architectural scale, the rooms' layout will, therefore, be assessed based on the aforementioned requirements, on the quality of the degree of natural ventilation present and, consequently, on the quality of the internal air according to the specific type of activity provided (Fig. 11). In this case, the proposed system will be applied to each housing unit of the building under evaluation, adding up the scores obtained from the analysis of each of them to obtain the overall assessment of the entire building system.

	Building envelope performance			
	North	South	East	West
<b>Opaque components</b>				
Heavy basic skin	2,50	3	2	3
<b>Correctives</b>				
External layer with low thermal inertia	+ 0,50	+ 0,25	-	-
Second skin elements	+ 0,50	+ 2	+ 1	+ 2
<b>Transparent components</b>				
Oriental	1,40	1,90	1,80	1,80
<b>Correctives</b>				
For summer shadow	-	+ 2,50	+ 1,50	+ 3
For winter shadow	-	- 1	- 0,50	-
Oversizing of openings	- 1	+ 1	+ 0,50	- 0,50
Environmental energetic recovery solutions	-	+ 0,80	+ 0,30	+ 0,50
<b>Buildings data:</b>				
Degree/day: 2259 days				
Building typology: linear building				
S/V ratio: 0,37				
Intended use: mainly residential				
General features: 8600 sm; 146 units, 1 bar, 1 restaurant, 5 shops.				

Finally, at the executive scale, a sample of design actions was defined to guide the design of the building envelope systems thus define their stratigraphic composition according to the expected behaviour from the thermo-energetic and thermo-hygrometric point of view. In particular, for the external enclosures, reference is made both to the performance achievable by building envelopes as a whole, and to the materials, technologies and operating criteria identified for the basic and second skins that made them up. Indeed, the judgment obtained will take into account the correct positioning of opaque and transparent portions as well as the definition of the material and performance characteristics of the layers that make up the envelope (Fig. 12).

In this specific case, the performance behaviour of each detailed technical solution, detected through the monitoring campaign carried out, gave diversified and sometimes unexpected results compared to what is expected from the sole compliance with the regulatory parameters; by way of example, the adoption of highly massive walls – in orientations for which high thermal inertia is not necessary – resulted, in one case, in the removal of heat from the internal environment, to increase, although in a non-significant way, the surface temperature of the vertical enclosure, at the expense of the internal air temperature. However, in cases where the amount of sunshine on the facade lasts throughout the day, the adoption of heavier layers has resulted in a significant reduction in the heat flow between inside and outside, thanks to the thermal capacity possessed by the envelope.

**Conclusions** | The multi-criteria systems for the environmental assessment and certification in the construction field generally identify a series of criteria to which they assign a performance indicator and relative threshold value, calibrated on the basis of the achievement of a higher performance level compared to conventional practice or the minimum values imposed by the in-force regulations. The degree of 'quality' of a project is determined based on the performance threshold reached, calcu-

lated by adding a series of reward scores obtained by converting the different values referring to the environmental impacts and the environmental and technological quality levels of the project in question (Ganassali, Lavagna and Campioli, 2016).

Of the approximately 600 worldwide existing methods (Vierra, 2011), only a part of them focuses on the 'holistic' assessment of multiple components while others take into account only some aspects (such as energy consumption). However, the common denominator remains the reduction of the environmental impact of buildings and the enhancement of comfort and human health (Florez, 2020). However, it happens that in such systems the 'quality' assessment takes place by reducing complex organisms such as the building ones to verification by parts (Ganassali, Lavagna and Campioli, 2016) or by referring to the definition of the criteria and the related performance indices at local conditions or, again, by assigning weights and scores in an arbitrary manner (Chandratilake and Dias, 2013), thus making their application difficult and, sometimes, scarcely reliable the evaluation they obtained.

Therefore, the method here presented aims to overcome the simplifications intrinsic in some of the aforementioned evaluation and certification models; in it, in fact, the system of provisional verification of the design actions at the various scales of the architectural project – based on the assignment to them of synthetic scores (index of their effectiveness in the specific context of application) – allows to make very free design choices, optimizing the technological characteristics according to the individual parameters to be controlled and managing the potential conflicts that often arise in the control of different parameters concerning a given design solution, thus allowing, in this way, to adequately respond to complex requests through a contemporary architectural language.

Based on the critical issues and potentiality that emerged from the monitoring data about the individual technical solutions adopted in the pilot buildings, it was possible to develop a decision-making support tool capable of taking into account the potential and vocations of each planned technical solution, as a starting point for the development of an architectural project that takes into account complex objectives and strategies, that means they include and integrate complementary aspects. Thanks to the activity carried out on the aforementioned pilot sites, performance targets and related 'quantitative' targets considered as acceptable were identified to progressively verify the effectiveness of the strategies activated to achieve the aforementioned objectives. The sequence between project actions, scores assigned to them and provided technical solutions made it possible to make a comparison – with the indicators considered most relevant – between the ex-ante condition and the design condition, through a synthetic evaluation obtained by applying the scores proposed.

Therefore, the operating tool thus obtained is configured as a means capable of orienting the design at all levels that characterize the pro-

duction of architectural work, allowing to face – through open matrices defined thanks to the experimental return data obtained from the monitoring campaigns – the complexity of the variables involved in a systematic and integrated manner, checking the compliance of the performance effects produced by the individual design solutions adopted, for what is expected and, at the same time, ensuring the achievement of building environmental quality standards in full compliance with current regulations.

Indeed, this approach, based on the comparative evaluation of the effects produced by the different design solutions, is not to be considered as an alternative to the regulatory verification – based on which the various hypothetical technical solutions will certainly be verified at a later stage – but rather it is proposed as a decision-making method to support the project, orienting the designer through the various scales and offering an integrated approach to systematically rethink the complexity

of the variables involved. Furthermore, the possibility of implementing the matrix system developed with subsequent data allows it to be adapted to the variability of the boundary conditions as well as to the constantly changing needs of contemporary society.

## Acknowledgements

The contribution presents the results of years of applied research activities in the domain of building envelope sector and buildings' performance control, carried out under the scientific supervision of Fabio Conato and oriented towards environmental sustainability, low-impact design and the integration between architecture and installations. The activities, started with a PRRITT from 2005, involved doctorates and research grants and produced, thanks to the collaboration of private partners, the construction of several pilot sites. Valentina Frighi participated in some of the aforementioned research activities and performed the systematization of the results.

## Notes

1) The reference is to the New Procurement Code (Nuovo Codice Appalti), Italian Legislative Decree no. 50 of 18 April 2016 in implementation of Directives 2014/23/EU, 2014/24/EU and 2014/25/EU and the most recent Italian Ministerial Decree 11 October 2017, on the application of the Minimum Environmental Criteria (Criteri Ambientali Minimi – CAM).

2) Introduced and defined for the first time in the so-called Brundtland Report, named after the Norwegian Prime Minister who chaired the World Commission on Environment and Development (WCED) actually titled Our Common Future (August, 1987) and subsequently expanded in 2002 as part of the World Summit on Sustainable Development (WSSD) in Johannesburg. To deepen such concept, see: United Nations, 1987; Canepa, 2018; sustainabledevelopment.un.org/milestones/wssd [Accessed 21 April 2020].

3) The Ecological Footprint is a complex indicator used to evaluate the human consumption of natural resources – also called Environmental Pressures – for the earth's ability to regenerate them; it expresses, in fact, the 'quantity of nature' needed to support the metabolism of anthropic systems in general (Cagnoli, 2017).

## References

Cagnoli, P. (2017), "Metabolismo urbano e strategie di sviluppo", in *Ecoscienza*, n. 5, pp. 76-78. [Online] Available at: [www.arpae.it/cms3/documenti/\\_cerca\\_doc/ecoscienza/ecoscienza2017\\_5/cagnoli\\_es2017\\_05.pdf](http://www.arpae.it/cms3/documenti/_cerca_doc/ecoscienza/ecoscienza2017_5/cagnoli_es2017_05.pdf) [Accessed 21 April 2020].

Canepa, M. (2018), *Riflessioni sullo sviluppo sostenibile a trent'anni dal Rapporto Brundtland*, Mimesis Edizioni, Milano.

Chandratilake, S. R. and Dias, W. P. S. (2013), "Sustainable rating Systems for buildings – Comparison and correlations", in *Energy*, n. 59, pp. 22-28.

Conato, F. and Cinti, S. (2014), *Architettura e Involucro*, BE-MA Editrice, Milano.

Conato, F. and Frighi, V. (2016), *Metodi della progettazione ambientale – Approccio integrato multiscala per la verifica prestazionale del progetto di architettura*, FrancoAngeli Editore, Milano.

Dalla Valle, A., Lavagna, M. and Campioli, A. (2016), "Change management and new expertise in AEC firms: improvement in environmental competence", in Barreto Tadeu, A. J. (ed.), *41st IAHS World Congress on Housing, Sustainability and Innovation for the Future, September 13-16, 2016, Albufeira, Algarve, Portugal – Proceedings*, International Association for Housing Science, Algarve, pp. 1-10. [Online] Available at: [core.ac.uk/download/pdf/80336704.pdf](http://core.ac.uk/download/pdf/80336704.pdf) [Accessed 5 March 2020].

Florez, L. (2020), "Sustainability and Green Building Rating Systems: A Critical Analysis to Advance Sustainable Performance", in *Encyclopedia of Renewable and Sustainable Materials*, vol. 4, pp. 211-220.

Ganassali, S., Lavagna, M. and Campioli, A. (2016), "Valutazione LCA all'interno dei protocolli ambientali multicriteri per il settore delle costruzioni", in Dominici Loprieno, A., Scalbi, L. and Righi, S. (eds), *Atti del X Convegno dell'Associazione Rete Italiana LCA 2016 – Life Cycle Thinking, sostenibilità ed economia circolare, Ravenna, 23-24 Giugno 2016*, ENEA – Servizio Promozione e Comunicazione, Frascati, pp. 415-422. [Online] Available at: [www.enea.it/it/seguici/pubblicazioni/pdf/volumi/atti-rete-lca-2016.pdf](http://www.enea.it/it/seguici/pubblicazioni/pdf/volumi/atti-rete-lca-2016.pdf) [Accessed 21 April 2020]

Gaspari, J., Trabucco, D. and Zannoni, G. (2010), *Involucro edilizio e aspetti di sostenibilità – Riflessioni sul comportamento energetico di pareti passive e stratificate superisolate: performances ambientali ed embodied energy*, FrancoAngeli, Milano.

Lavagna, M., Bessi, A., Meneghelli, A. and Moschini, P. (2019), "La dimensione ambientale del progetto esecutivo – Esperienze e prospettive future | The environmental dimension of detailed design – Experiences and future perspectives", in *Techne / Journal of Technology for Architecture and Environment*, vol. 18, pp. 138-146. [Online] Available at: [doi.org/10.13128/techne-7520](https://doi.org/10.13128/techne-7520) [Accessed 5 March 2020].

Losasso, M. (2017), "Progettazione ambientale e progetto urbano", in *Eco Web Town / Journal of Sustainable Design*, n. 16, vol. II, pp. 7-16. [Online] Available at: [www.ecowebtown.it/n\\_16/pdf/16\\_02-losasso-it.pdf](http://www.ecowebtown.it/n_16/pdf/16_02-losasso-it.pdf) [Accessed 17 January 2020].

Losasso, M. (2016), "Climate risk, Environmental planning, Urban design", in *UPLanD / Journal of Urban Planning, Landscape & Environmental Design*, vol. 1, issue 1, pp. 219-232. [Online] Available at: [doi.org/10.6092/2531-9906/5039](https://doi.org/10.6092/2531-9906/5039) [Accessed 5 March 2020].

Marino, V. and Thiébat, F. (2019), "Integrazione dei requisiti di sostenibilità ambientale nel progetto di architettura | Integration of sustainability requirements in architectural design", in *Techne / Journal of Technology for Architecture and Environment*, vol. 18, pp. 174-183. [Online] Available at: [doi.org/10.13128/techne-7524](https://doi.org/10.13128/techne-7524) [Accessed 5 March 2020].

Schiaffonati, F., Mussinelli, E. and Gambaro, M. (2011), "Tecnologia dell'architettura per la progettazione ambientale – Architectural technology for environmental design", in *Techne / Journal of Technology for Architecture and Environment*, vol. 1, pp. 48-53. [Online] Available at: [doi.org/10.13128/Techne-9434](https://doi.org/10.13128/Techne-9434) [Accessed 17 January 2020].

Tucci, F. (2014), *Involucro, Clima, Energia, Qualità bioclimatica ed efficienza energetica in architettura nel progetto tecnologico ambientale della pelle degli edifici*, Altralinea Edizioni, Firenze.

United Nations (1987), *Our Common Future – Report of the World Commission on Environment and Development*. [Online] Available at: [netzwerk-n.org/wp-content/uploads/2017/04/0\\_Brundtland\\_Report-1987-Our\\_Common\\_Future.pdf](http://netzwerk-n.org/wp-content/uploads/2017/04/0_Brundtland_Report-1987-Our_Common_Future.pdf) [Accessed 20 April 2020].

Vierra, S. (2019), *Green Building Standards and Certification Systems*. [Online] Available at: [www.wbdg.org/resources/green-building-standards-and-certification-systems](http://www.wbdg.org/resources/green-building-standards-and-certification-systems) [Accessed 20 April 2020].

Wackernagel, M. and Rees, W. E. (1996), *Our Ecological Footprint: Reducing Human Impact on the Earth*, New Society Publishers, Gabriola Island-Philadelphia.

## PROGETTO E QUALITÀ SENSORIALE

Materiali e prestazioni per la comunicatività degli spazi museali

## DESIGN AND SENSORY QUALITY

Materials and performance for communication in museum spaces

Teresa Villani

### ABSTRACT

Attraverso il progetto è possibile indirizzare i processi percettivi cercando di intervenire sulla capacità dell'ambiente di fornire informazioni intellegibili e significative. Rendere uno spazio comunicativo migliorandone la fruibilità significa prefigurare i processi percettivi e perseguire una migliore qualità dell'interazione uomo-ambiente. Una delle possibili soluzioni è rappresentata dall'uso di materiali sensoriali in grado di fornire prestazioni 'tangibili' e nuove funzionalità, grazie alle tecnologie che agiscono in maniera controllata alla micro-scala e a scala nanometrica. A tale proposito vengono presentati i risultati di due ricerche finanziate dall'Ateneo Sapienza Università di Roma, riferiti alla strutturazione di un repertorio di materiali in grado di agire a livello informativo sugli spazi comuni di grandi Poli Museali e alla relativa sperimentazione su musei del circuito romano Musei in Comune, supportata dalla Sovrintendenza Capitolina ai Beni Culturali di Roma.

Design can provide the means to guide perceptive processes, by trying to act on the environment's ability to provide intelligible and meaningful information. Making a space communicative by enhancing its usability entails anticipating perceptive processes and pursuing better quality for human-environment interaction. A possible solution could be using sensory materials able to provide 'tangible' features and new functions, thanks to technologies acting in a controlled way on the micro and nano-levels. In this regard, the results of two studies funded by Sapienza University of Rome are presented; they relate to the structuring of a database of materials that can act at the information level on the shared spaces of large Museum Hubs, and its experimentation for the Roman museums' network Musei in Comune, supported by the Sovrintendenza Capitolina ai Beni Culturali of Rome.

### KEYWORDS

comunicatività ambientale, sensorialità dei materiali, criteri di scelta dei materiali, strutturazione delle informazioni, musei

environment communication, sensory materials, materials selection criteria, information structuring, museums

**Teresa Villani**, Architect and PhD, is an Associate Professor in Architecture Technology at the PDTA Department of 'Sapienza' University of Rome (Italy). Her field concerns tools for planning and designing renovations; in building intended for community services she has conducted studies on technological innovation and the application of new materials, products and components for the design of complex public buildings, with insights on the requirements for usability and wayfinding, according to the principles of Inclusive Design. Mob. +39 349/59.50.221 | E-mail: teresa.villani@uniroma1.it

In ogni contesto ambientale, che sia naturale o relativo allo spazio costruito, l'uomo non può esimersi dal 'sentire': i sensi aprono i canali giusti per la conoscenza, danno avvio al rapporto tra l'uomo e l'ambiente stesso; senza di essi non si sentirebbe né il mondo in cui siamo immersi, né il nostro corpo. La conoscenza del mondo esterno, del proprio corpo (con il suo 'funzionamento'), della propria coscienza, come pure la costruzione della distinzione tra materiali, colori, corpi è dunque funzione dei sensi, del loro essere il motore della ricerca da cui nasce l'esperienza (Pallasmaa, 2007). Così ogni spazio viene 'aggredito' dai sensi che ne raccolgono l'essenza, attivando l'interazione e il confronto con le informazioni rilevate dalle diverse letture sensoriali, per arrivare a un rilievo dell'ambiente multisensoriale e sinestetico.

La sensazione riguarda quindi il primo contatto tra uomo e ambiente (Stanley, Ward and Enns, 2004) e si basa su esperienze immediate e dirette di qualità e attributi ambientali generalmente prodotte da semplici e isolati stimoli fisici. Il passaggio successivo si riferisce all'attribuzione di significato e riguarda la percezione: un processo psicologico complesso, influenzato dal contesto culturale, dall'esperienza, dalla memoria, dalla sensibilità individuale (Schiffman, 2008). I sensi non sono infatti mezzi passivi di ricezione degli stimoli provenienti dall'ambiente, ma meccanismi di ricerca che rilevano ciò che l'individuo conosce e, spesso, ciò che l'individuo sta cercando. Sensazione e percezione sono processi unificati e inseparabili di conoscenza e comprensione dello spazio che pongono l'uomo come recettore e interprete di stimoli di varia natura.

Sin dalle prime fasi dell'attività progettuale è possibile indirizzare tali processi, cercando d'intervenire sulla capacità dell'ambiente di fornire informazioni il più possibile intellegibili e significative. Attraverso il progetto è possibile soddisfare non solo i requisiti funzionali, ma utilizzare al meglio soluzioni che mettono in campo stimoli ambientali per evocare sensazioni, guidare percezioni verso specifiche informazioni finalizzate a esprimere qualità, rapporti tra le parti, caratteristiche e valori dei luoghi. In questa direzione una strada da intraprendere è quella che tende verso la comunicatività dell'ambiente quale requisito ambientale definito come «[...] l'attitudine di un elemento spaziale, di una unità tipologica o di una attrezzatura di essere percepibile da tutti e, in particolare, da persone con problemi sensoriali e cognitivi» (Lauria, 2002, p. 34).

Rendere uno spazio comunicativo migliorandone la fruibilità significa non solo favorirne la navigazione (wayfinding) facilitando l'elaborazione di mappe cognitive, ma, in modo più ampio, agevolare i processi percettivi, migliorare globalmente la qualità dell'interazione uomo-ambiente e il gradimento di un luogo. Uno spazio comunicativo agisce positivamente su complesse abilità cognitive quali la memoria, l'attenzione, la percezione e la capacità decisionale. Favorisce inoltre la rappresentazione mentale di strategie logico-visive (Thorndyke and Hayes-Roth, 1982): attività come 'cercare', 'decidere' e quindi 'muoversi' possono essere agevolate dalla presenza di informazioni

specifiche da affidare alla caratterizzazione ambientale (materiali, luce, ecc.).

A livello progettuale è possibile quindi intervenire con segnali intenzionali (Felli, Lauria and Bacchetti, 2004) che esprimono un significato pre-determinato, il più possibile inequivocabile e valutato in una dimensione plurisensoriale, nell'ottica della progettazione inclusiva (Conti, Tatano and Villani, 2016). Ma come tutti i requisiti ambientali anche la comunicatività richiede opportune prestazioni al sistema tecnologico e agli elementi tecnici che configurano gli spazi. Una tra le tante opportunità per raggiungere e controllare prestazioni efficaci ai fini comunicativi è rappresentata, sin dalle prime fasi del progetto, dalla scelta e dalla combinazione dei materiali. Azioni prioritarie per esplicare contenuti morfologici, percettivi, prestazionali (ed economici), che necessitano di un'approfondita conoscenza degli specifici comportamenti in esercizio determinati dalle proprietà e dalle caratteristiche non esclusivamente tecniche (parametri misurabili come le proprietà meccaniche, fisiche, termiche, ottiche, ecc.), ma anche sensoriali, che insieme possono evocare stimoli fisiologici e psicologici.

I materiali rappresentano infatti l'interfaccia tra utente e spazio (Manzini, 1986) e, come portatori di significati, svolgono in un progetto un ruolo centrale riferito sia agli aspetti qualitativi che a quelli legati alla comunicatività. Attraverso la loro fisicità, superficie, colore è possibile influenzare le relazioni emozionali, gli aspetti percettivi e, con un uso appropriato – sfruttando funzioni e prestazioni che essi possono offrire in quanto elementi tutt'altro che neutri, ma attivi e pervasivi nelle scelte – rendere maggiormente comunicativo (e quindi più fruibile) uno spazio. Così il progettista, volendo far riferimento ai cosiddetti materiali sensoriali per poterne sfruttare il potenziale significativo della materia – che ormai l'innovazione di prodotto offre a livello micro e nano – si trova a gestire un consistente campo di possibilità sempre in crescita e una complessa ed eterogenea informazione tecnica non sempre del tutto oggettiva, che necessita di criteri regolatori e valutazioni specifiche, anche in relazione al contesto d'intervento.

A differenza delle proprietà fisiche dei materiali, tradizionalmente consolidate e decisamente oggettive (definite da standard e unità di misura ampliamente accettate) le proprietà sensoriali viaggiano su doppi attributi oggettivi e soggettivi (Zuo, 2010). Gli attributi oggettivi fanno riferimento ai caratteri fisici (colore, texture, durezza, ecc.), quelli soggettivi riguardano l'interpretazione di tali caratteristiche. La maggior parte dei progettisti utilizza le proprietà sensoriali dei materiali in base alla propria esperienza, non potendosi riferire a informazioni più organizzate.

Per questo il presente contributo, che in generale persegue la qualità sensoriale del progetto finalizzato ad avere spazi comunicativi – specie all'interno di edifici pubblici che prevedono un elevato affollamento e necessitano di essere 'letti' e 'interpretati' senza creare condizioni di eccessivo affaticamento e stress – nello specifico è indirizzato verso una proposta di organizzazione di informazioni integrate sui ma-

teriali di nuova generazione cosiddetti smart. Questo nella convinzione che ai fini della comunicatività è importante fornire più ambiti informativi sui materiali, integrando particolari proprietà sensoriali (ad esempio la lucentezza) insieme ai correlati parametri che influenzano oggettivamente quella proprietà (ad esempio l'indice di riflessione), completando le informazioni con prefigurazioni di gruppi di utenza potenzialmente agevolati in base ai canali sensoriali coinvolti.

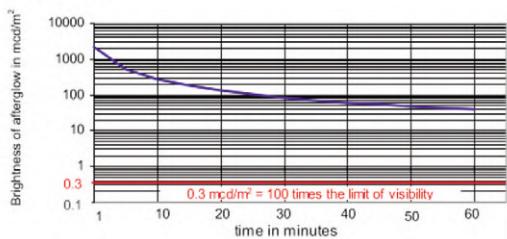
La sistematizzazione di questo eterogeneo insieme di informazioni potrebbe agevolare i progettisti, nella fase di selezione dei materiali, nel valutare le aspettative sensoriali e percettive degli utenti e, successivamente, guidandoli nel processo d'individuazione di segnali intenzionali e di attribuzione del significato comunicativo appropriato, previa verifica della congruità delle relazioni tra essi e il contesto d'intervento. Rispetto a tali possibilità, il contributo intende presentare gli esiti di due ricerche, finanziate da Sapienza Università di Roma<sup>1</sup> e supportate dalla Sovrintendenza Capitolina ai Beni Culturali di Roma, incentrate in generale sulla caratterizzazione materica degli spazi di accoglienza e di distribuzione dei grandi Poli Museali di Roma mediante l'uso di materiali sensoriali, quale fattore d'impatto sulla fruibilità. Un primo risultato ha riguardato la predisposizione di un repertorio di materiali finalizzato a supportare scelte appropriate alle specificità dei siti e mirate alla caratterizzazione materica espressiva degli elementi tecnici che configurano gli spazi interni.

**La caratterizzazione materica degli spazi di accoglienza e distribuzione negli edifici museali** | Gli edifici pubblici a vocazione culturale come i grandi Poli Museali nazionali, ambito generale della ricerca, possono essere considerati, proprio in relazione alle profonde trasformazioni subite in termini di servizi offerti alla collettività, edifici strategici all'interno delle città<sup>2</sup>, oltre che rappresentare oggettivamente strutture complesse. Nei musei statali italiani, grazie alle molte iniziative intraprese dal MIBACT anche a seguito della riforma dei musei e dei finanziamenti a essi dedicati, nel 2019 sono stati superati i 55 milioni di visitatori (Istat, 2019). I soli dati riferiti ai musei civici di Roma gestiti dalla Sovrintendenza Capitolina ai Beni Culturali denominati Musei in Comune, alcuni dei quali presi in considerazione nella ricerca come casi applicativi, ne contano circa 2 milioni (Agenzia Roma, 2018).

Se gli elementi connotanti e i fattori critici che caratterizzano le strutture cosiddette 'complesse' a elevato affollamento sono le dimensioni, il flusso e la tipologia di persone, di merci e prodotti, l'eterogeneità dei servizi, la relazione tra l'attività principale della struttura e i servizi complementari, i musei rientrano a pieno titolo in questo raggruppamento. Come tali, necessiterebbero di interventi di rifunzionalizzazione finalizzati all'ottimizzazione della fruibilità, dei modi d'uso e dei tempi di percorrenza, rendendo gli ambienti che maggiormente incidono sull'esperienza di fruizione più comunicativi. Escludendo gli specifici spazi destinati ai contenuti culturali, organizzati secondo precise me-

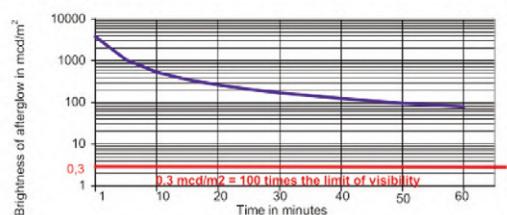
## Particle size 30-40 µm (medium / small)

**Typical decay curve**



## Particle size 75 µm (large)

**Typical decay curve**



**Fig. 1** | Relation between granulometric size of pigments measured at the micro-scale and duration and intensity of the luminous emission in photoluminescent materials (credit: I. Montanari, Cartelli Segnalatori Srl, 2019).

todologie legate alla materia dell’allestimento, l’attenzione può essere rivolta quindi agli spazi strategici e a quelli destinati ad attività di socializzazione: le aree funzionali dell’accoglienza (punti informativi, biglietteria, aree di raccolta gruppi e visite guidate, spazi multimediali, ecc.), dei servizi aggiuntivi (libreria, spazi commerciali, caffetteria e ristorante, spazi per laboratori didattici, ecc.) e gli spazi di distribuzione (connettivo orizzontale e verticale).

Intervenire quindi sui fattori che concorrono a definire – in termini di significatività e appropriatezza – la qualità dei segnali emessi dalle caratteristiche materiche degli elementi tecnici che configurano gli spazi (pavimenti, rivestimenti di pareti verticali, controsoffitti, ecc.), in considerazione delle potenzialità percettive dei diversi profili di utenza e nel rispetto dei valori storici e culturali dei siti d’intervento. A tal fine la ricerca si è orientata verso l’uso di nuovi materiali capaci – grazie all’apporto di tecnologie atte a manipolare e caratterizzare la materia in una dimensione misurabile alla scala micro-metrica e alla nano-scala, e quindi a livello molecolare e atomico – di mettere in campo prestazioni del tutto nuove e inaspettate (Addington and Schodek, 2005; Ritter, 2007; Sposito, 2009; Scalisi, 2010; Paganini, Chiesa and Tulliani, 2015).

All’interno del consistente campo di possibilità sempre in crescita offerte dal mercato, sono stati presi in considerazione quei materiali che potessero ‘mostrare’ i comportamenti determinati dalle prestazioni innovative tramite un’interazione diretta tra uomo e superfici. È infatti consuetudine apprezzare i materiali smart e quelli nanostrutturati per le straordinarie prestazioni ‘intangibili’, insite nel comportamento in uso, come quelle fisico-meccaniche, resistenza, isolamento termico, capacità idrorepellenti, autopulenti, ecc. I punti di osservazione e selezione dei materiali nella ricerca condotta sono stati invece prevalentemente le prestazioni ‘tangibili’, proprio per progettare esperienze sensoriali e sfruttarne le capacità comunicative attraverso le quali attribuire valori e significati che vanno al di là della semplice

fruizione, agendo sulle superfici che si trasformano in un reale terreno d’innovazione. Materiali le cui prestazioni dirette, visibili, possono attivare processi ‘attentivi’ stimolando possibilmente tutti i sensi, anche quello cosiddetto aperto (Bloomer and Moor, 1997), il senso del tatto esteso a tutto il corpo.

Effettivamente ciò che risulta importante ai fini dell’incremento informativo da apportare per la comunicatività degli spazi esistenti è l’attitudine di questi materiali a produrre stimoli differenti che catturano l’attenzione dei visitatori. L’attenzione è selettiva, il concetto di selezione implica distogliere l’attenzione da un evento per rivolgerla verso un altro, e questo può avvenire tanto volontariamente quanto involontariamente. Se all’interno di spazi di accoglienza e distribuzione di un edificio museale non concentriamo l’attenzione su un oggetto specifico, ma ci muoviamo in un ambiente senza particolare concentrazione, molte cose ci sfuggono, comprese informazioni preziose ai fini della fruibilità, fino a quando qualcosa interviene a stimolare la nostra attenzione. Spesso si tratta di elementi che emergono contrastando rispetto agli altri e che attivano stimoli inaspettati.

Durante lo svolgimento della ricerca, proprio questo concetto ha guidato la selezione dei materiali da includere nel repertorio, applicando anche un ulteriore filtro riferito all’influenza che la scala micro e nano dei componenti dei materiali determina sulle prestazioni comunicative, come ad esempio la grandezza della granulometria dei pigmenti presenti nei materiali fotoluminescenti che incide direttamente sulla luminosità e sulla durata dell’emissione luminosa (Fig. 1).

**Metodologia** | In continuità con le precedenti ricerche condotte nell’ambito del wayfinding valutato per gli edifici museali (Villani, 2018), raccogliendo le istanze degli stakeholders preferenziali di questa ricerca, ovvero la Sovrintendenza Capitolina ai Beni Culturali di Roma (e in particolare alcuni Direttori di musei), la ricerca di cui si presentano i primi esiti, si è sviluppata

con l’obiettivo di perseguire la qualità sensoriale nel progetto di rifunzionalizzazione dei grandi Poli Museali per incrementare, attraverso la conoscenza e l’uso di materiali innovativi, la comunicatività come fattore d’impatto sulla fruibilità, restringendo il campo di studio verso gli spazi comuni del museo che incidono maggiormente sull’esperienza di visita. Tale obiettivo è stato individuato anche per allinearsi con quanto raccomandato dall’Unione Europea riguardo gli spazi museali. Infatti, è importante ricordare che il miglioramento della fruibilità degli spazi museali s’inscrive nel contesto dell’Audience Engagement (AE) definito come un processo strategico, dinamico e interattivo per rendere le arti più accessibili. Nello specifico l’AE ha l’obiettivo di coinvolgere i singoli individui e le comunità in momenti legati al mondo culturale anche attraverso nuove espressioni artistiche e l’utilizzo di nuove tecnologie (European Commission, 2012).

Le implicazioni, individuate e discusse durante le numerose interlocuzioni con le diverse figure che ruotano in ambito museale (Sovrintendenti, Direttori dei musei, Progettisti, Curatori degli allestimenti, visitatori, personale impiegato, Enti certificatori della qualità dei musei) riguardano: la valorizzazione di queste strutture anche in termini di risorse, aumentando il senso di accoglienza, il controllo dell’intorno, massimizzando la fruibilità e riducendo la cosiddetta ‘museum fatigue’, ovvero la perdita graduale di attenzione verso l’esposizione causata dalla stanchezza mentale e fisica provocata dalla difficoltà di ‘leggere’ e comprendere gli stimoli ambientali contenuti nello spazio museale, facilitando così un’interazione intuitiva uomo-ambiente (fattore di riduzione dello stress); l’ottimizzazione delle risorse riducendo il tempo speso dal personale per rassicurare e aiutare i visitatori in difficoltà, trasmettendo la sensazione di un servizio ben organizzato e di qualità in modo da incrementare il numero dei visitatori (fattori di sostenibilità economica); il miglioramento della diffusione dei temi culturali delle esposizioni (fattore culturale).

Levels of Intervention	Types of Intervention for Communicability
<b>Level 1</b> Museums constrained by Law T.U. 42/2004	Least intervention solutions with low economic impact. Reversibility is preferred, where possible; traditional materials are used acting on the choice of texture, colour, brightness, opacity, transparency, etc. Application of innovative materials such as adhesive photoluminescent films or materials integrated with optic fibres, which are especially useful to mark emergency escape routes.
<b>Level 2</b> Historic Museums not constrained by Law T.U. 42/2004	Partial or total replacement of technical elements with medium economic impact. Traditional materials could be selected, acting on texture, colour, brightness, opacity, transparency etc. Application of innovative materials with high aesthetical/sensory performance, e.g. ceramics with high optical qualities, laminated materials and wood derivatives with olfactive qualities, luminous textiles, etc.
<b>Level 3</b> Contemporary Museums not constrained by Law T.U. 42/2004	Radical rearrangement intervention with high economic impact; reconfiguration of spaces and routes. Application of smart multisensory materials with sound and optical effects etc.

**Table 1** | Levels of intervention.

In termini operativi la ricerca è stata svolta a partire dalla selezione di tre casi applicativi facenti parte del circuito dei Musei in Comune e per i quali gli stessi Direttori hanno segnalato problemi di fruibilità, oltre alla volontà di razionalizzare e rifunzionalizzare spazi e percorsi anche ai fini di un rilancio d'immagine. Sono stati presi in considerazione i Musei Capitolini (caratterizzati da una pressione turistica di circa 500.000 visitatori, spazialmente frammentati e problematici sotto il profilo dei percorsi di visita), Palazzo Braschi-Museo di Roma (caratterizzato da una forte attrattività esercitata da importanti mostre temporanee, per la gestione delle quali necessiterebbe di una migliore comunicatività esterna e interna) e la Galleria d'Arte Moderna (caratterizzata da nuove modalità espositive e dall'organizzazione di eventi negli spazi museali che, di per sé, andrebbero inclusi in un sistema informativo globale).

**Risultati** | Posto che la comunicatività ha costituito il quadro di riferimento entro cui collocare le ipotesi d'intervento sui casi studio, in fase preliminare è stata svolta una ricognizione diretta delle qualità sensoriali degli ambienti e un'analisi del sistema ambientale delle aree critiche in termini di comunicatività. Sono state quindi definite le richieste di prestazione dirette agli elementi tecnici che configurano gli spazi, che hanno contribuito a definire i criteri di scelta dei materiali da includere nel repertorio di soluzioni finalizzate all'incremento informativo, oltre al criterio di reversibilità relativo ai livelli d'intervento (Tab.1) vincolati dalle istanze di tutela, nella logica del mimino intervento.

È stata condotta quindi la fase d'indagine sui materiali potenzialmente applicabili selezionati, in una prima sotto-fase, attraverso la letteratura scientifica e le interlocuzioni dirette con aziende produttrici. È stato indagato l'apporto comunicativo (colore, texture, attributi visivi, proprietà acustiche, olfattive) di alcuni materiali innovativi (fotocromatici, termocromici/termotropici, eletrocromatici, tessuti a fibra ottica ed elettroluminescenti, pellicole fotoluminescenti,

dicroiche, ecc.) ottenibile grazie alle caratteristiche molecolari. Il risultato riporta una prima selezione dei materiali operata con un approccio di tipo deduttivo, stabilendo come input l'espressività e la capacità di stimolare la memoria sensoriale attraverso proprietà tecniche e sensoriali quali colore, texture, opacità, trasparenza, luce, fotoluminescenza, ecc. (Fig. 2).

Successivamente, nella seconda sotto-fase è stata operata un'ulteriore selezione di materiali con approccio induttivo fondata sulle analogie e sull'esperienza derivanti dallo studio di progetti e applicazioni in ambiti complessi (edifici espositivi, culturali, ma anche aeroporti, strutture sanitarie) scelti tra i più rappresentativi per comunicatività delle scelte materiche, per trasferirne metodologie d'intervento e possibili soluzioni tecniche (Fig. 3). L'esito di questa modalità selettiva ha prodotto una raccolta di best practice che possono essere prese come riferimento, ed eventualmente riprodotte, per progettare la qualità sensoriale negli spazi comuni dei musei.

A titolo esemplificativo si riporta l'esperienza condotta durante un allestimento temporaneo presso lo Stedelijk Museum ad Amsterdam (Fig. 4). Si tratta di progetto denominato Blue Fungus durante il quale i visitatori hanno interagito con lo spazio espositivo utilizzando quattro adesivi consegnati loro all'ingresso del museo. Ogni visitatore poteva applicare gli adesivi sulla pavimentazione del museo, lasciando traccia del proprio percorso; in breve tempo sono emerse informazioni interessanti come i flussi di visita più ricorrenti e i punti di maggiore affollamento. In questo caso, sono state utilizzate etichette di tessuto colorato resistenti a forti trazioni, caratterizzate da uno strato posteriore realizzato con un colloide nanostrutturato, in grado di aderire su tutte le superfici prive di pori. Le etichette possono essere utilizzate più volte ed essere facilmente rimosse senza lasciare residui o perdere il potere adesivo.

I visitatori si sono trovati così a operare, inconsapevolmente, in modo collettivo per crea-

re un'immagine; l'esperienza creativa del pubblico ha modificato lo spazio generando nuove 'identità' e incrementando l'interazione con l'ambiente. Si tratta tuttavia di un'esperienza temporanea determinata da un'installazione artistica e non un'effettiva progettazione delle superfici, ma ha ad ogni modo contribuito, in modo 'analogo', ad agevolare la lettura dello spazio in modo coinvolgente e divertente.

Tra le best practice sistematizzate, esemplificative risultano anche le soluzioni applicate presso il Children's Museum of Pittsburgh (Fig. 5). Nell'area dedicata all'accoglienza i progettisti hanno lavorato sulla realizzazione di pannelli di acrilico fluorescenti, collocati sopra il desk e su una parete laterale interamente vetrata. I pannelli, di dimensione diversa, riportano le informazioni generali sul museo. Al di sopra del desk essi sono ancorati attraverso dei sottili fili in alluminio, dando la sensazione che siano sospesi nell'aria. L'applicazione sulla parete vetrata ha invece previsto l'uso di bacchette cilindriche nel medesimo materiale dei pannelli: un materiale acrilico fluorescente che riflette la luce attraverso i bordi, aggiungendo così brillantezza e colorando le superfici investite dalla luce. Le proprietà ottiche, il comportamento del materiale rispetto all'illuminazione naturale degli ambienti, unitamente agli elementi di graphic design, risultano particolarmente efficaci per richiamare l'attenzione del visitatore sui contenuti informativi, rendendo l'esperienza esplorativa stimolante.

L'intero risultato della fase d'indagine e selezione dei materiali ha portato all'individuazione di circa 150 prodotti con cui è stata condotta la successiva fase di strutturazione del repertorio come strumento di scelta tecnica e morfologica di soluzioni alternative, e di verifica di rispondenza delle prestazioni alle richieste definite nell'analisi del sistema ambientale.

A partire dai processi di selezione consolidati in ambito ingegneristico (Ashby, 2016) e del design (Karana, Hekkert and Kandachar, 2008; Ashby and Johnson, 2009), l'organizzazione delle informazioni proposta parte dall'in-

<b>MATERIALS</b> Thermochromic  <b>Technology</b> Pigment for ink	<b>APPLICATIONS</b> Powder for paint   <b>Textile and Faux leather</b>  	<b>DIMENSIONS</b> Particle Size: <6 µm  <b>TECHNICAL FEATURES</b> Activation Temperature Working temperature Other remarks	<b>COLOUR</b> various  <b>SENSORY FEATURES</b> Glossiness Translucence Structure Texture relief Hardness Temperature Acoustics Odour	<b>FUNCTIONAL AREA:</b> Acceptance  <b>ENVIRONMENT UNIT:</b> Reception area  <b>TECHNICAL ELEMENT:</b> Vertical internal partition  <b>COMPONENT:</b> Finishing  <b>MODIFICATION LEVEL</b> ○ ○ ○		<b>MATERIALS</b> 0,5 mm PMMA optical fibres, polyester white yarns and aluminium connector  <b>DIMENSIONS</b> Width (A): multiples of 15/50/100 mm Length (B): up to 3000 mm Thickness: 1 mm Weight: 550 g/m <sup>2</sup> approximately Optical fibres diameter: 175µm-2000µm.  <b>COLOUR</b> White (colour temperature from 1,700 K to 7,000 K), monochrome or RGB LEDs/high-output LEDs  <b>FINISHING</b> Customized pattern or digital print on fabric.
<b>MATERIALS</b> Electrochromic  <b>Technology</b> Polymer-Dispersed Liquid Crystal (PDLC)	<b>APPLICATIONS</b> adhesive film   <b>laminated glass</b>  	<b>DIMENSIONS</b> Thickness: 360 µm  <b>TECHNICAL FEATURES</b> Visible Light transmission UV Transmittance Infrared Blocking Solar Gain coefficient Power Supply Energy Consumption Working temperature Duration Other remarks	<b>COLOUR</b> various  <b>SENSORY FEATURES</b> Glossiness Translucence Structure Texture relief Hardness Temperature Acoustics Odour	<b>FUNCTIONAL AREA:</b> Temporary Exhibition  <b>ENVIRONMENT UNIT:</b> Exhibition room  <b>TECHNICAL ELEMENT:</b> Vertical internal partition  <b>COMPONENT:</b> Finishing of free standing glass panels  <b>MODIFICATION LEVEL</b> ○ ○ ○		<b>TECHNICAL FEATURES</b> Luminance Uniformity Reaction to fire Flexibility, minimum radius Working temperature Power supply Control Power Duration Washability Other remarks
<b>MATERIALS</b> Photoluminescence  <b>Technology</b> Photoluminescent pigments of high quality zinc sulfide mixed in vitreous grit and PVC paste.	<b>APPLICATIONS</b> adhesive film   <b>ink and paint</b>   <b>textile</b>  	<b>DIMENSIONS</b> Particle Size: 30-75 µm  <b>TECHNICAL FEATURES</b> Resistance to tearing Coefficient of friction Luminosity after 2 min Luminosity after 30 min Luminosity after 60 min Reaction to fire Min. application temperature Duration Other remarks	<b>COLOUR</b> various  <b>SENSORY FEATURES</b> Brilliance Translucence Structure Texture relief Hardness Temperature Acoustics Odour	<b>FUNCTIONAL AREA:</b> Temporary Exhibition  <b>ENVIRONMENT UNIT:</b> Exhibition room  <b>TECHNICAL ELEMENT:</b> Vertical internal partition  <b>COMPONENT:</b> Finishing of free standing glass panels  <b>MODIFICATION LEVEL</b> ○ ○ ○		<b>TECHNICAL FEATURES</b> Solar Heat Reflectance Solar Heat Transmittance Visible Light Reflectance Visible Light Transmittance UV Transmittance Working temperature Duration Other remarks

Fig. 2 | Structure of the information for materials deriving from scientific literature and direct contacts with producers (graphics by F. Romagnoli, 2020).

Fig. 3 | Structuring of the information referred to the selection of finishing materials used in renovation projects, according to the communicability requirement (graphics by F. Romagnoli, 2020).

dividuazione della famiglia di materiali al cui interno sono contenuti i principi di funzionamento, per poi dedicare una prima sezione che coniuga le caratteristiche tecniche e sensoriali del materiale. Un ulteriore passaggio ha previsto una sezione aperta all'implementazione di informazioni mancanti o aggiuntive. Si passa poi a prefigurare i possibili contesti ambientali d'inserimento, le possibili tipologie di utenti per cui il comportamento del materiale in esercizio è particolarmente efficace ai fini comunicativi, anche in base ai sensi coinvolti, e una prima previsione di percezione attesa (Fig. 6). Una prima validazione dell'efficacia del repertorio ha permesso la messa a punto di alcune sperimentazioni applicative per i tre casi studio selezionati (Figg. 7-9), elaborate in accordo con i responsabili delle strutture e che prevederebbero comunque una più approfondita verifica di fattibilità tecnica ed economica.

Infine, come sviluppo futuro della ricerca, è stata ipotizzata una fase di applicazione delle soluzioni in situ per verificarne l'efficacia comunicativa attraverso la conduzione di una Post Oc-

cupancy Evaluation rivolta ai reali fruitori degli spazi, per ottenere infine informazioni sulla funzionalità e sul livello di soddisfacimento delle esigenze di incremento comunicativo (Ganucci Cancellieri et alii, 2018).

**Conclusioni** | Progettare la qualità sensoriale dello spazio in termini di comunicatività attraverso l'applicazione di soluzioni che prevedono l'uso di materiali innovativi sotto il profilo perettivo rappresenta uno dei modi per migliorare la fruibilità di edifici complessi come i grandi Poli Museali romani oggetto di studio. Attraverso l'integrazione di ambiti multidisciplinari diversi, come l'approccio tecnologico alla progettazione, la progettazione inclusiva, la psicologia ambientale, la scienza dei materiali, la comunicazione visiva, tenendo in giusta considerazione anche le istanze legate alla tutela del patrimonio storico, è stato possibile raggiungere più facilmente gli obiettivi specifici relativi alla predisposizione di strumenti operativi come la costruzione di un repertorio dei materiali innovativi selezionabili sulla base del controllo con-

testuale delle prestazioni tecniche e sensoriali, e una prima verifica di fattibilità di sperimentazioni progettuali nei musei selezionati a seconda del livello di intervento.

L'obiettivo generale riferito alla verifica della comunicatività delle soluzioni materiche rappresenta la vera sfida che pone non poche difficoltà in quanto il pieno raggiungimento dovrebbe prevedere un processo di quantificazione di informazioni soggettive. Infatti, i confini tra le proprietà sensoriali dei materiali (attribuibili alla sensazione) e l'attribuzione del significato (attribuibile alla percezione) non sono così ben delineati. In questa fase della ricerca si è cercato di prefigurare possibili processi perettivi, mettendo infine in relazione l'uso delle informazioni contenute nel repertorio con le ricadute sulla qualità comunicativa del progetto (Fig. 10). Sarà comunque possibile reperire dati oggettivi sull'esperienza percettiva di alcune soluzioni materiche attraverso alcune applicazioni reali e il successivo coinvolgimento diretto di un campione rappresentativo di fruitori mediante una valutazione post-occupativa mirata

a valutare l'efficacia degli incrementi informativi in termini di comunicatività.

In every environmental context, whether it be natural or related to buildings, humans cannot restrain from 'feeling'. The senses open appropriate channels for knowledge, they initiate the relation between man and the environment. Without them, we could not feel either the world surrounding us or our body. Knowledge about the outside world, about one's own body (with its 'functioning'), about one's consciousness, as well as the acquired ability to discern materials, colours and bodies, is a property of the senses, which are the engine driving the search that generates experience (Pallasmaa, 2007). Thus, each space is 'attacked' by the senses that capture its essence, activating the interaction and the relation with data gathered by individual sensory readings, culminating in a multisensorial and synesthetic survey of the environment.

Sensation is, therefore, the first contact between human and environment (Stanley, Ward and Enns, 2004) and is based on immediate and direct experiences about qualities and environmental features usually generated by simple and isolated physical stimuli. The next step refers to the attribution of meaning and is related to perception: a complex psychological process, influenced by cultural context, experience, memory, and individual sensitivity (Schiffman, 2008). Indeed, the senses are by no means passive receptors of stimuli coming from the environment; rather, they are search mechanisms that detect what the individual knows and, often, what the individual is looking for. Sensation and perception are unified and inseparable processes for knowing and understanding space that set humans apart in terms of receptors and interpreters of various types of stimuli.

It is possible to address these processes

from the first steps of the design activity, by trying to act on the ability of the environment to provide information as intelligible and meaningful as possible. Through design, not only is it possible to meet functional requirements, but one can also efficiently exploit solutions that deploy environmental stimuli in order to evoke sensations and guide perceptions towards specific information, describing qualities, relations among parts, features and values of places. In this context, a path to be explored is the one leading to communicability of the environment as a requirement defined as the attitude of a spatial element, a typological unit or a piece of equipment to be perceivable by all and, in particular, by people with sensory or cognitive problems (Lauria, 2002).

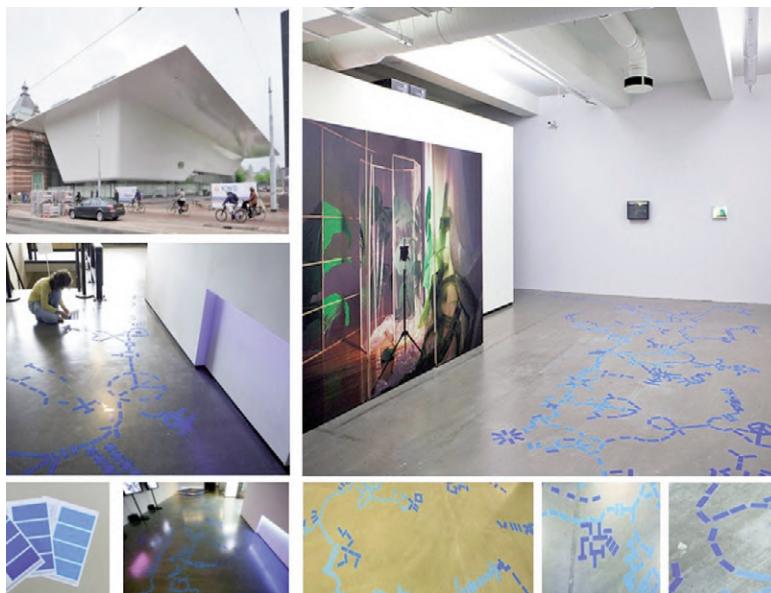
Making a space communicative by enhancing its usability entails both enabling wayfinding, by easing the development of cognitive maps, and facilitating perceptual processes and globally improving human-environment interaction and increasing the appreciation level of a place. A communicative space acts in a positive way on complex cognitive abilities such as memory, attention, perception and decision making. Furthermore, it facilitates the mental representation of logical and visual strategies (Thorndyke and Hayes-Roth, 1982). Activities such as 'searching', 'deciding' and, therefore, 'moving', can be eased by the presence of specific information to be conveyed by environmental features (materials, lighting, etc.).

From the design perspective, therefore, it is possible to include intentional signals (Felli, Lauria and Bacchetti, 2004) conveying a predetermined meaning, which should be as clear as possible. It should also be assessed in a multisensory framework, according to the principle of inclusive design (Conti, Tatano and Villani, 2016). However, like all environmental requirements, communicability expects proper features and performance from the technological system and elements that configure spaces. One out of the many opportunities to achieve and control effi-

cient performance in terms of communication is selecting a suitable combination of materials since the early stages of the design project. These are high-priority actions to explicitly describe morphological, perceptual and performance content (including financial aspects). In order to implement such actions, deep knowledge is required about specific building behaviour determined by properties that can be not only technical (i.e., measurable parameters, such as physical, mechanical, thermal, and optical features), but also sensory features, that when used together can produce physiological and psychological stimuli.

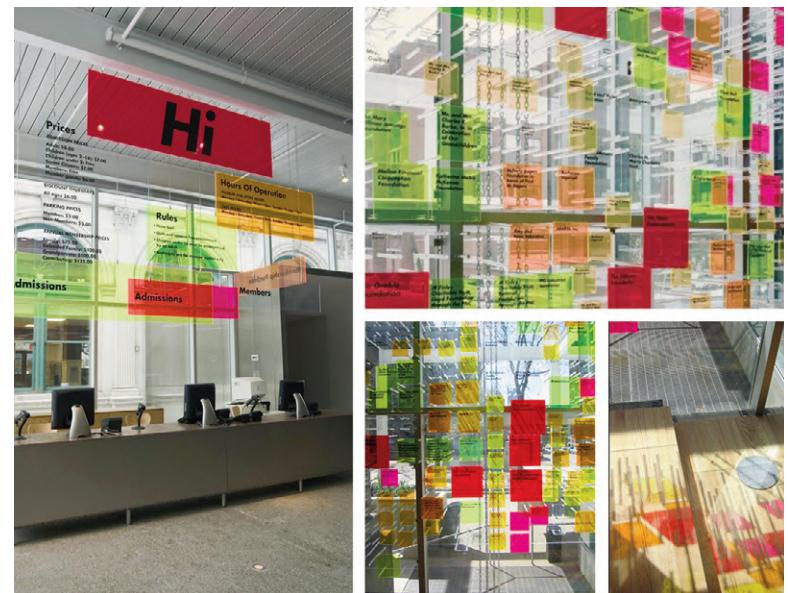
Materials are indeed the interface between users and space (Manzini, 1986) and, as conveyors of meaning, they play a central role in terms of both qualitative and communicability aspects. By using their physical and surface features, as well as colour, it is possible to influence emotional relations and perceptual aspects; it is also possible to make an environment more communicative (and so more usable) by relying on the functions and features that materials can offer since materials are far from being neutral elements when it comes to choices, but rather they are active and pervasive. Therefore, a designer wanting to exploit the relevant potential of so-called sensory materials – that today can be micro and nanostructured – has to deal with a considerable field of constantly growing possibilities, and with complex and heterogeneous sets of technical information, not always objective, that necessitate regulatory criteria and specific assessments, including as regards the implementation context.

Unlike the physical properties of materials, that are traditionally consolidated and decisively objective (being defined by widely adopted standards and units of measure), sensory properties can be defined by both objective and subjective attributes (Zuo, 2010). Objective attributes refer to physical features (colour, texture, hardness, etc.), while subjective ones are related to



**Fig. 4** | 'Blue Fungus' – Deep Screen Art in Digital Culture, Stedelijk Museum of Amsterdam, by Luna Maurer, 2008 (source: poly-luna.com).

**Fig. 5** | Children's Museum of Pittsburgh, by Pentagram Design, 2006 (source: pittsburghkids.org).



the interpretation of these features. Most designers use the sensory properties of materials based on their experience since they cannot refer to better-structured information.

For this reason, this paper, that generally addresses the sensory quality of design finalized to creating communicative spaces – especially within highly crowded public buildings, which need to be 'read' and 'interpreted' without generating stress and fatigue – intends, more specifically, to propose an organization system for structured information about new generation smart materials. Indeed, the author is convinced that in order to create communicability it is important to provide more information on materials, by integrating specific sensory properties (brightness, for instance) along with related parameters that objectively influence that property (for example, the refraction index), completing the data with indications on which user groups could benefit depending on the sensory channels involved.

The systematic organization of this disparate set of information could facilitate designers in selecting materials, assessing sensory and perceptual user expectations. It could then guide them in the process of identifying intentional signals and conveying appropriate communication meaning, having first verified the conformity between these and the design context. Concerning these possibilities, the paper aims at presenting the results of two studies, funded by Sapienza University of Rome<sup>1</sup> and supported by the Sovrintendenza Capitolina ai

Beni Culturali of Rome, addressing, in general, the material characterization of reception and distribution spaces of the large Museum Hubs of Rome, using sensory materials impacting on usability. A preliminary result was the definition of a database of materials, aiming at supporting appropriate decision making for specific building features, and addressing expressive material characterization of the technical elements configuring indoor spaces.

### Material characterization of reception and distribution areas in museums | Public buildings with a cultural function such as the large national Museum Hubs – studied in this paper

– can be considered as strategic city buildings<sup>2</sup>, in relation to the deep changes they underwent in terms of services for the public. Furthermore, they are objectively complex structures. Thanks to the many initiatives pursued by MIBACT following the reform of museums and funding for them, in 2019 more than 55 million visitors were received by these facilities (Istat, 2019). The data related only to the civic museums of Rome managed by the Sovrintendenza Capitolina ai Beni Culturali (called Musei in Comune) – some of which are presented in this paper as case studies – report 2 million visitors (Agenzia Roma, 2018).

If the critical elements distinguishing so-called 'complex', highly crowded facilities are size, flow and type of users, goods and products, diversity of services, and relation between main and side activities, then museums can be

certainly included in this category. Therefore, they would need re-purposing actions aiming at optimizing usability, usage modes and visits duration, by making the elements that have the highest impact on usability more communicative. By excluding the specific spaces dedicated to cultural content, which are structured according to precise methodologies, attention can be paid to strategic spaces and areas intended for socializing: functional reception areas (information spots, ticket office, multimedia rooms etc.), additional services (bookshop, commercial areas, cafeteria and restaurant, areas for education labs etc.), and distribution spaces (horizontal and vertical connections).

Therefore, one should intervene on the factors that concur in defining the quality of signals sent by the material features of technical elements configuring spaces (floors, cladding, false ceilings etc.) – in terms of meaning and pertinence, considering the perceptual potential of different user-profiles and by respecting the historical and cultural values of the sites. To this end, the study has addressed the use of new materials able to provide entirely new and unexpected features – thanks to technologies that can manipulate and structure matter at the micro and nano-scale, thus acting at the molecular and atomic level (Addington and Schodek, 2005; Ritter, 2007; Sposito, 2009; Scalisi, 2010; Pagani, Chiesa and Tulliani, 2015).

Within the wide spectrum of ever-growing possibilities offered by the market, we considered those materials that could 'show' be-



Fig. 6 | Diagram of the research phases (graphics by F. Romagnoli, 2020).

Fig. 7 | Internal courtyard of the Galleria D'Arte Moderna in Rome. Proposal for the application of false ceiling panels, made of an aluminium frame and covered by a textile weft interwoven with optic fibre, lighted with LEDs. The texture forms a customized pattern (in this case, written text) so to increase information related to additional services (graphics by F. Romagnoli, 2020).

Next page

Fig. 8 | Distribution court in the Museo Romano, Palazzo Braschi in Rome. Proposal for the application of electrochromic film on the glass wall. The self-adhesive film is applied to the existing glass surface and is electrically powered. Its behaviour can be controlled remotely or with a switch: when the system is turned on, the film is transparent, while it becomes opaque again when the stimulus returns. In this specific case, it can hide from the public any in-progress setup while at the same time highlighting the serigraphy that communicates information on the upcoming temporary exhibition (graphics by F. Romagnoli, 2020).

Fig. 9 | Musei Capitolini: an emergency exit. Application proposal for a photoluminescent adhesive strip to increase communicability of the existing signs. The device is reversible; it can mark the escape route in case of low lighting and signal the limits of the path and the presence of fire extinguishers in case of fire. In normal visibility conditions, the presence of the photoluminescent strip has a minimal aesthetic impact. Its use is appropriate within historical and prestigious buildings (graphics by F. Romagnoli, 2020).



haviours determined by innovative features through a direct interaction between humans and surfaces. Indeed, it is usual to appreciate smart and nanostructured materials because of their extraordinary ‘intangible’ features, such as mechanical and physical properties, resistance, thermal isolation, waterproofing, self-cleaning etc. The main points of observation and selection of materials in the study were mainly ‘tangible’ features, to design sensory experiences and take advantage of their communicative abilities, which can be used to assign values and meanings going beyond simple fruition, by acting on surfaces, treating them as an actual testbed for innovation. The direct, visible features of these materials can activate ‘attentional’ processes by possibly stimulating all senses, including the so-called atypical sense of touch extended to the entire body (Bloomer and Moor, 1997).

In fact, what is important in relation to the information increase to be implemented for communicability of existing spaces is the ability of these materials to produce various stimuli capturing visitors’ attention. Attention is selective; the concept of selection implies shifting attention from an event to another, and this can happen both voluntarily and involuntarily. If within the reception areas of a museum facility we don’t focus our attention on a specific object, but we move in the environment without any particular concentration, we miss many things, including precious information for usability, until something stimulates our attention.

Often, this happens when some elements emerge by contrasting with the others and activate unexpected reactions.

During our study, this was the main concept guiding the selection of materials to be included in the database. A further filter was applied about the impact that the micro and nano-scale of material components determine on communicative features, such as the granulometry of pigments in photoluminescent materials, which directly impacts on luminance and the duration of the luminous emission (Fig. 1).

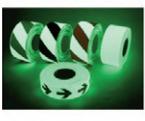
**Methodology** | As a continuation from previous studies performed in the field of wayfinding for museum buildings (Villani, 2018), we present here the first results of a study pursuing sensory quality in the re-purposing project for the great Museum Hubs – in order to increase communicability using innovative materials – as a factor impacting on usability. The research field is restricted to shared spaces of museums that have a larger impact on the experience of visitors. The feedback of the main stakeholders, i.e. the Sovrintendenza Capitolina ai Beni Culturali of Rome (and some museum directors in particular), were considered. This objective was identified also to conform with recommendations from the European Union about museum spaces. Indeed, it is important to remember that improving the usability of museum spaces is framed within the context of Audience Engagement (AE), defined as a strategic, dynamic and interactive process to make

arts more accessible. More specifically, AE aims at involving single individuals and communities in events related to culture also through new artistic expressions and new technologies (European Commission, 2012).

The implications identified and discussed during several exchanges with the various actors involved in the museum field (Superintendents, museum Directors, Designers, Curators, visitors, employed staff, quality certification Entities) are related to: Enhancement of these facilities in terms of resources, increasing the sense of hospitality they can provide, and the control of surroundings; Maximizing usability and reducing so-called ‘museum fatigue’, that is the gradual loss of attention towards exhibitions caused by mental and physical fatigue due to the difficulty in ‘reading’ and understanding environmental stimuli contained in museum spaces; Facilitating an intuitive human-environment interaction (stress-reducing factor); Optimizing resources by reducing time spent by the staff reassuring and helping visitors with difficulties, thus providing the feeling of a well-organized quality service to increase the number of visitors (financial sustainability factors); Improvement of the dissemination of the cultural topics explored by the exhibitions (cultural factor).

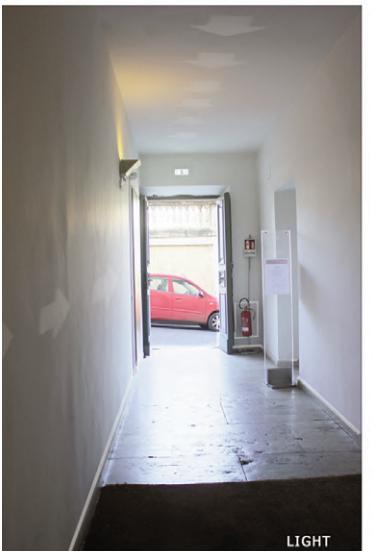
Operatively, the study was carried out starting from the selection of three case studies belonging to the Musei in Comune network. Usability problems for these sites were reported by the directors themselves, in addition to their

FUNCTIONAL AREA: Acceptance		MATERIALS Electrochromic		TECHNICAL FEATURES		SENSORY FEATURES	
ENVIRONMENT UNIT: Court yard	TECHNICAL ELEMENT: External window	MATERIALS Technology Polymer-Dispersed Liquid Crystal (PDLC)	TECHNICAL FEATURES Visible Light transmission UV Transmittance Infrared Blocking Solar Gain coefficient Power Supply Energy Consumption Working temperature Duration Other remarks	ON:80%, OFF:4% ON:99%, OFF:99% ON:20%, OFF:80% ON:0.79, OFF:0.06 65V±5v/110V±5Vac 3.6W -20°C, +60°C 20 years CE marking	ON:90%, OFF:0%; closed smooth hard cool poor none	Glossiness Translucence Structure Texture relief Hardness Temperature Acoustics Odour	
COMPONENT: Finishing	MODIFICATION LEVEL						

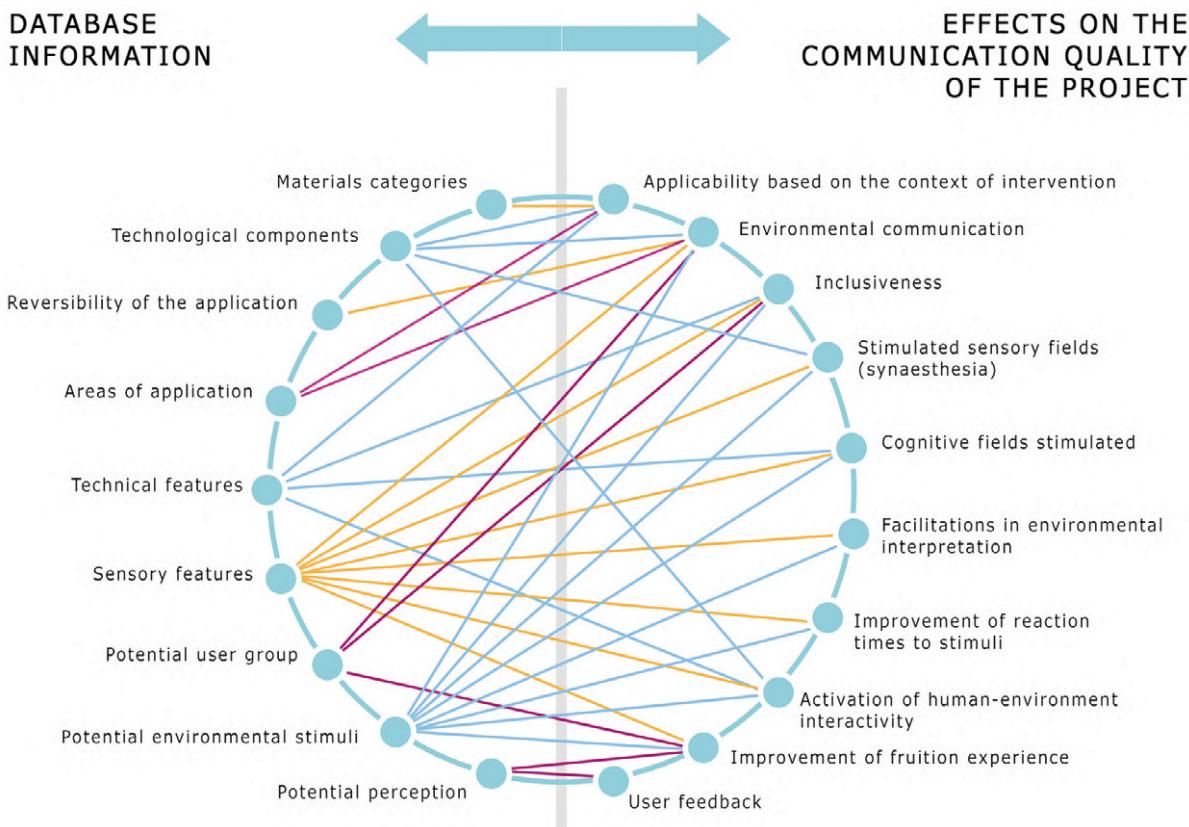
FUNCTIONAL AREA: Distributive		MATERIALS Photoluminescence		TECHNICAL FEATURES		SENSORY FEATURES	
ENVIRONMENT UNIT: Corridor	TECHNICAL ELEMENT: Vertical internal partition	MATERIALS Technology Photoluminescent pigments of high quality zinc sulfide mixed in vitreous grit and PVC paste.	TECHNICAL FEATURES Resistance to tearing Coefficient of friction Luminosity after 2 min Luminosity after 30 min Luminosity after 60 min Reaction to fire Min. application temperature Duration Other remarks	high 0,71 90 mcd/m² 7 mcd/m² 4 mcd/m² Cfl s1 +4 °C 1 mill. transfers Compliant with ISO 16069:2004	DIMENSIONS Particle Size: 30-75 µm	COLOUR various	Brilliance Translucence Structure Texture relief Hardness Temperature Acoustics Odour
COMPONENT: Finishing	MODIFICATION LEVEL						











**Fig. 10** | Systematic summary of the impact of the innovative materials database on the communication quality of the design project (graphics by F. Romagnoli, 2020).

intention to rationalize and repurpose spaces and routes, also to improve the museums' public image. The sites taken into consideration were: Musei Capitolini, which receive around 500,000 visitors per year, and are spatially fragmented in terms of routes; Palazzo Braschi Museum in Rome, whose important temporary exhibitions are very attractive and should be managed with better external and internal communication; Galleria d'Arte Moderna, which provides new exhibition solutions and organizes events in museum spaces that should be included in a global information system.

**Results** | Given that communicability was the reference framework where intervention solutions were to be included, a direct preliminary survey was performed concerning the sensory qualities of the areas and an analysis of the environmental system of critical areas for communicability. The performance requirements for the technical elements of spaces were defined, which contributed to identifying the selection criteria for the materials to be included in the database of solutions to increase information, in addition to the reversibility criterion for the levels of intervention (Tab. 1), constrained by preservation needs, in a minimum impact perspective.

A survey was then performed concerning the potentially applicable selected materials, through scientific literature review and direct exchanges with producers. The communication quality of some innovative materials – obtained thanks to their molecular features – was investigated in terms of their properties, including colour, texture, visual attributes, and acoustic and olfactory features. The materials included were photo-chromatic materials, thermochromic

and thermotropic materials, electro-chromatic materials, fibre optic and electroluminescent textiles, photoluminescent films, etc. The result reports a first selection of the materials conducted with a deductive approach, by using as input the expressiveness and the ability to stimulate sensory memory through technical and sensory qualities such as colour, texture, opacity, transparency, brightness, photoluminescence, etc. (Fig. 2).

Then, as a second step, a further selection of materials was carried out, with an inductive approach based on a comparative study of projects and applications in complex contexts (exhibition and cultural buildings, but also airports and medical facilities). These were chosen as the most representative in terms of communicability of materials used, to transfer their methodologies and possible technical solutions (Fig. 3). The result of this selection method was a collection of best practices that can be taken as references and possibly reproduced, to design sensory quality in museum shared spaces.

As an example, we describe the experience conducted during a temporary installation at the Stedelijk Museum of Amsterdam (Fig. 4). It was a project called Blue Fungus where visitors interacted with the exhibition area by using four stickers handed to them at the museum entrance. Each visitor could apply the stickers on the museum floor, leaving a trace of their route. Within a short time, interesting information emerged, such as the most recurring visitor flows and the most crowded spots. In this case, coloured cloth labels were used, which were resistant to strong traction and had a back layer made with a nanostructured

colloid that can stick to all non-porous surfaces. The labels can be reused several times and can be easily removed without leaving residues or losing their adhesive power.

Thus, the visitors unknowingly operated collectively to create an image; the creative experience of the audience has changed space by generating new 'identities' and increasing therefore the interaction with the environment. This was, however, a temporary experience based on an art installation, and so it was not an actual design project for surfaces. It has nonetheless contributed, 'analogically', to facilitate the reading of space fascinatingly and amusingly.

Another example of systemic best practice is provided by the solutions implemented at the Children's Museum of Pittsburgh (Fig. 5). In the reception area, designers have worked on developing acrylic fluorescent panels, placed above the desk and on a sidewall entirely made of glass. The variously sized panels present general information about the museum. Above the desk, they are anchored with thin aluminium threads, giving the illusion that they are suspended in the air. The application on the glass wall, instead, was achieved with cylindrical sticks made of the same material as the panels: a fluorescent acrylic material that reflects light through the borders, thus adding brightness and colouring the illuminated surfaces. The optical properties, the behaviour of the material for natural environmental lighting, along with elements of graphic design, are very efficient in inducing visitors to focus their attention on informative content, thus making the visit experience stimulating.

The overall result of the survey and selection of materials led to the identification of about

150 products, which formed the basis for the structuring of the database as a tool to choose alternative solutions (from a technical and morphological perspective) and verify that features are suitable for the requirements of the building system.

Starting from consolidated selection methods in engineering (Ashby, 2016) and design (Karana, Hekkert and Kandachar, 2008; Ashby and Johnson, 2009), the organization of the information first identifies the family of materials containing functional principles, then provides a section on technical and sensory features of the material. A further step concerned the definition of a section allowing the inclusion of missing or additional information. Then the possible contexts for application are outlined, along with the possible user groups that could benefit from the material's properties in terms of communication, and a preliminary prediction of the expected perception (Fig. 6). Initial validation of the efficiency of the database enabled the development of some application experiments for the three selected case studies (Figg. 7-9), which were agreed upon with the managers of the facilities and which should be tested more in-depth for technical and financial feasibility.

Indeed, as future development of this study, a phase of in situ application of the solutions could be implemented to verify their communicative efficiency by using a Post Occupancy Evaluation addressing the actual users of the spaces. This would be useful to obtain information on functionality and on the extent to which communicability needs have been met (Ganucci Cancellieri et alii, 2018).

**Conclusions** | Designing and planning the sensory quality of space in terms of communicability based on solutions using innovative materials is one of the ways to improve the usability of complex buildings such as the large Roman Museum Hubs, studied in this paper. Through the integration of multidisciplinary methods – such as the technological approach to design, inclusive design, environmental psychology, material science, and visual communication – and keeping conservation needs in mind, it was possible to achieve specific objectives. These are related to the development of operative tools such as the creation of a database of innovative materials that can be selected by checking technical and sensory features, and to a preliminary feasibility verification of design experiments for the case

studies according to the level of intervention.

The general objective involving the assessment of communicability of material solutions is the true challenge. The difficulties it entails are many since a full implementation would require a quantification process of subjective information. Indeed, the boundaries between the sensory properties of materials (related to sensation) and the attribution of meaning (related to perception) are not well defined. In this phase of the study, we tried to outline possible perceptual processes, correlating the use of information found in the database with the impact on the communicative quality of the design project (Fig. 10). It will, however, be possible to retrieve objective data on the perceptual experience of some material solutions through real applications and direct involvement of a significant user sample using a post-occupancy evaluation, aiming at assessing the efficacy of information improvements in terms of communicability.

## Notes

1) The two funding schemes refer respectively to the Sapienza Athenaeum 2016 study entitled 'Wayfinding and environment configuration in museums for the promotion of cultural heritage and sustainability: innovative materials and technical solutions', and to the Sapienza Athenaeum 2019 study entitled 'Analyses of flows and impact factor on usability of the large Museum Hubs of Rome for the optimization of visit paths'. The author is the Scientific Manager of both studies.

2) ICOM (International Council of Museums) and ICOMOS (International Council on Monuments and Sites); for further details see: [archives.icom.museum/codes/italy.pdf](http://archives.icom.museum/codes/italy.pdf) [Accessed 7 February 2020].

## References

- Addington, D. M. and Schodek, D. L. (2005), *Smart Materials and Technologies in Architecture – For the Architecture and Design Professions*, Architectural Press, Oxford.
- Agenzia Roma (2018), *Relazione Annuale 2018 – Cultura e tempo libero – Sintesi dei principali indicatori del servizio*. [Online] Available at: [www.agenzia.roma.it/documenti/schede/relazione\\_annuale\\_2018\\_cap\\_6\\_cultura\\_e\\_tempo\\_libero.pdf](http://www.agenzia.roma.it/documenti/schede/relazione_annuale_2018_cap_6_cultura_e_tempo_libero.pdf) [Accessed 26 April 2020].
- Ashby, M. F. (2016), *Materials Selection in Mechanical Design*, 5th Edition, Elsevier Butterworth-Heinemann, Oxford.
- Ashby, M. F. and Johnson, K. W. (2009), *Materials and Design – The Art and Science of Material selection in product design*, 2th Edition, Elsevier Butterworth Heinemann, Amsterdam.
- Bloomer, K. C. and Moor, C. W. (1997), *Corpo, memoria, architettura – Introduzione alla progettazione architettonica*, Sansoni Editore, Firenze.
- Conti, C., Tatano, V. and Villani, T. (2016), "Accessibilità ambientale: verso l'inclusività nella progettazione | Environmental accessibility: towards inclusiveness in design", in Lucarelli, M. T., Mussinelli, E. and Trombetta, C. (eds), *Cluster in progress – La Tecnologia dell'architettura in rete per l'innovazione | The Architectural technology network for innovation*, Maggioli, Santarcangelo di Romagna, pp. 28-41.
- European Commission (2012), *European Audiences – 2020 and beyond*. [Online] Available at: doi.org/10.2766/32988 [Accessed 26 April 2020].
- Felli, P., Lauria, A. and Bacchetti, A. (2004), *Comunicatività ambientale e pavimentazioni – La segnaletica sul piano di calpestio*, ETS Edizioni, Pisa.
- Ganucci Cancellieri, U., Manca, S., Laurano, F., Molinaro, E., Talamo, A., Recupero, A. and Bonaiuto, M. (2018), "Visitors' satisfaction and perceived affective qualities towards museums: the impact of recreational areas | Soddisfazione dei visitatori e qualità affettive percepite dei musei: l'impatto delle aree ricreative", in *Rassegna di Psicologia*, vol. 35, n. 1, pp. 5-18.
- Istat (2019), "L'Italia dei musei", in *Statistiche Today*, 23 December 2019. [Online] Available at: [www.istat.it/it/files/2019/12/LItalia-dei-musei\\_2018.pdf](http://www.istat.it/it/files/2019/12/LItalia-dei-musei_2018.pdf) [Accessed 26 April 2020].
- Karana, E., Hekkert, P. and Kandachar, P. (2008), "Material Considerations in Product Design: A Survey on Crucial Material Aspects Used by Product Designers", in *Materials & Design*, vol. 29, issue 6, pp. 1081-1089.
- Lauria, A. (2002), "La comunicatività ambientale", in *Paesaggio Urbano*, n. 1, pp. 32-38. [Online] Available at: [www.paesaggiorbano.org/2019/09/02/paesaggio-urbano-2002\\_1/](http://www.paesaggiorbano.org/2019/09/02/paesaggio-urbano-2002_1/) [Accessed 7 February 2020].
- Manzini, E. (1986), *La materia dell'invenzione – Materiali e progetto*, Arcadia Edizioni, Milano.
- Pagani, R., Chiesa, G. and Tulliani, J.-M. (2015), *Biomimetica e Architettura – Come la natura domina la tecnologia*, FrancoAngeli, Milano.
- Pallasmaa, J. (2007), *Gli occhi della pelle – L'Architettura e i sensi*, Jaca Book, Milano.
- Ritter, A. (2007), *Smart materials in architecture, interior architecture and design*, Birkhäuser, Basel.
- Scalisi, F. (2010), *Nanotecnologie in edilizia – Innovazione tecnologica e nuovi materiali per le costruzioni*, Maggioli, Santarcangelo di Romagna.
- Schiffman, H. R. (2008), *Sensation and Perception*, 6th Edition, John Wiley & Sons, New York.
- Sposito, A. (ed.) (2009), *Nanotech for Architecture – Innovative Technologies and Nanostructured Materials*, Luciano Editore, Napoli.
- Stanley, C., Ward, L. M. and Enns, J. T. (2004), *Sensation and Perception*, 6th Edition, Harcourt Brace, Fort Worth.
- Thorndyke, P. W. and Hayes-Roth, B. (1982), "Difference in Spatial Knowledge Acquired from Maps and Navigation", in *Cognitive Psychology*, vol. 14, issue 4, pp. 560-589.
- Villani, T. (2018), "Materiali e soluzioni tecniche per il wayfinding nei musei | Materials and technical solutions for wayfinding in museums", in *Techne / Journal of Technology for Architecture and Environment*, vol. 16, pp. 289-298. [Online] Available at: doi.org/10.13128/Techne-23000 [Accessed 12 March 2020].
- Zuo, H. (2010), "The selection of materials to match human sensory adaptation and aesthetic expectation in industrial design", in *METU Journal of the Faculty of Architecture*, vol. 27, n. 2, pp. 301-319. [Online] Available at: doi.org/10.4305/METU.JFA.2010.2.17 [Accessed 12 March 2020].

## DENTRO LA MATERIA

L'analisi SEM per la determinazione delle prestazioni di materiali bioplastici innovativi

## WITHIN THE MATTER

Determining the performance of innovative bioplastic materials with SEM analysis

Antonella Violano, Salvatore Del Prete

### ABSTRACT

La riconsiderazione del ruolo della materia nel processo di progettazione, con tutta la sua qualità morfologica, ecosistemica e funzionale, è il punto di partenza della sperimentazione sulle bioplastiche innovative condotta in partenariato industriale dal gruppo di ricerca ZEBtwdZEEB dell'Università della Campania 'Luigi Vanvitelli' con la Service Biotech Srl. L'uso del microscopio elettronico a scansione ha permesso di valutare a livello micro le dinamiche biologiche evolutive alla base della sperimentazione, pienamente in linea con l'approccio del Design rigenerativo e del Design eco-tecnologico.

Reconsidering the role of the matter in the design process, with all its morphological ecosystemic and functional quality, is the starting point for the experimentation on innovative bioplastics conducted in industrial partnership by ZEBtwdZEEB Research Group of 'L. Vanvitelli' University of Campania with Service Biotech Srl. The use of the Scanning Electron Microscope (SEM) allowed evaluating the biological evolutionary dynamics at micro-level that are at the base of the experimentation, fully in line with the approach of the regenerative Design and the Ecotechnological Design.

### KEYWORDS

materiali a base biologica, bioplastica, SEM, analisi EDX, approccio cradle-to-cradle

bio-based materials, bioplastics, SEM, EDX analysis, cradle-to-cradle approach

**Antonella Violano**, Architect and PhD, is an Associate Professor of Technology of Architecture at the Department of Architecture and Industrial Design of the 'Luigi Vanvitelli' University of Campania. She carries out research in Technological Innovation for the Built Environment, with a specific focus on eco-compatible and bio-based materials, on sustainable and energy-efficient Technological Design and Quality (ISO9001), Environment (ISO14001) and Energy (ISO50001) Management Systems. Mob. +39 347/68.61.477 | E-mail: antonella.violano@unicampania.it

**Salvatore Del Prete**, Biotechnologist and CEO of Service Biotech Srl, carries out research on the morphological study of surface structures and eukaryotic and prokaryotic cell organelles (pathogenic and non-pathogenic) and on the biochemistry of the precorneal film and on the structure and morphology and function of the microvilli, thanks to the use of SEM and TEM microscopes. Speaker at national and international conferences. Mob. +39 329/987.10.535 | E-mail: info@servicebiotech.com

La ricerca sui materiali innovativi a base biologica nasce dall'esigenza di oltrepassare la frontiera del 'green design' applicato in maniera frammentata a elementi tecnici inseriti come monadi in sistemi costruttivi tradizionalmente concepiti, praticata come un esercizio di efficienza (Reed, 2007). Per promuovere il nuovo paradigma dell'architettura rigenerativa che studia i fenomeni e le 'strutture' naturali, anche dal punto di vista metabolico e biologico (Violano, 2018), il concept costruttivo deve evolversi fino a trasformare l'organismo edilizio in un sistema che coevolve l'ecosistema (naturale o urbano) nel quale è integrato. Secondo John Boecker (et alii, 2009, p. 46), la rigenerazione consiste nel progetto complessivo, poiché coinvolge i sistemi terrestri, biotici e le persone (o i sistemi umani) di ogni singolo luogo in un dialogo continuo per sostenere il loro sviluppo coevolutivo; rigenerare significa quindi dare nuova vita ed energia: non si tratta di un esercizio intellettuale che crea nessi relazionali tra gli esseri viventi che lo compongono ma è necessario un sistema complessivamente concepito per raggiungere una condizione di salute veramente sostenibile.

In questo modo le risorse naturali necessarie alla realizzazione dell'ambiente costruito non si intendono più cedute/utilizzate ma rese 'disponibili per l'uso', in quanto – dopo l'uso – i materiali vengono reinseriti in modo circolare come elementi di input in un nuovo processo (tecnologico o biologico in relazione alla qualità della materia) e la catena del valore sposta il peso dalle materie prime del prodotto alla rigenerazione del prodotto stesso, quindi al processo (McDonough and Braungart, 2002). Ciò richiede una profonda innovazione di processo, un eco-design strutturato, ma anche strumenti per la tracciabilità del prodotto, modelli di valutazione economica alternativi e requisiti cogenti ridefiniti. Occorre, in sintesi, riconsiderare il ruolo della materia nel processo di progettazione, con tutta la sua qualità morfologica, ecosistemica e funzionale (Sposito and Violano, 2018). Queste considerazioni, associate all'osservazione che le plastiche sono un materiale di ampio utilizzo anche nel settore delle costruzioni, hanno portato il Gruppo di ricerca ZEBtwd-ZEEB a condurre una sperimentazione – in partenariato con la Service Biotech Srl – su bioplastiche innovative: un'opportunità per orientare il settore delle costruzioni verso i nuovi paradigmi del progetto rigenerativo in linea con gli orientamenti comunitari che prevedono, entro il 2050, una sensibile riduzione del carico ecologico.

Questa sperimentazione è, prevalentemente, un'innovazione di processo per la produzione di materiali plastici a base biologica con l'utilizzo di amidi vegetali (in questa sperimentazione: amido di tapioca, amido di mais e fecola di patate) provenienti dagli scarti biologici di lavorazione, attraverso una tecnologia a basso costo, a basso impatto e a basse emissioni di carbonio vengono valorizzati prodotti secondari derivanti da materiali vegetali trasformati che hanno generalmente scarsa considerazione commerciale e quindi un quasi nullo valore di mercato<sup>1</sup>. Inoltre, questa sperimentazione ha anche il valore aggiunto di essere un'innovazione di prodotto, dal momento che le proprietà

della macrostruttura del composto vegetale vengono sfruttate oltre che per la resa materica anche per la reintroduzione della bioplastica, alla fine della vita utile, nel Ciclo biologico, secondo l'approccio Cradle-to-Cradle (McDonough and Braungart, 2002), grazie all'innovativa composizione percentuale dei componenti della mescola. Il concetto d'innovazione si esprime quindi nell'utilizzo di quantità minime di materiale plastico (ad es. glicerolo presente solo in minima percentuale) e massime di materiale vegetale, in modo che possa essere reintrodotto nel ciclo biologico, senza inquinamento indotto.

La valorizzazione dei rifiuti vegetali provenienti da processi industriali come elemento di supporto al processo plastico è un concetto relativamente recente<sup>2</sup> (Federici et alii, 2009; Di Donato et alii, 2011), ampiamente proposto in brevetti e pubblicazioni. La Tabella 1 riporta in sintesi lo stato dell'arte della ricerca sull'evoluzione delle potenzialità di produzione dei principali polimeri bio-based (biodegradabili e non). Le bioplastiche, realizzate con risorse naturali come lignine, proteine, lipidi e polisaccaridi sono, infatti, una valida alternativa alle plastiche convenzionali, derivate dal petrolio. Ma nella presente sperimentazione, l'innovazione è nell'uso del materiale amidaceo vegetale, che da supporto diventa elemento centrale del processo plastico, e nella percentuale minima di glicerolo presente, che consente di ipotizzare una metodologia di valorizzazione a fine vita mediante compostaggio.

**La Metodologia e la Sperimentazione** | Il progetto sulle bioplastiche ha richiesto diversi step sperimentali che hanno portato alla determinazione delle prestazioni (tecniche e fisiche) desiderate del materiale per feedback successivi: fase 1) studio dei componenti standard delle bioplastiche già testate; fase 2) formulazione della composizione delle mescole, con una composizione diversa da quella presente nei materiali già brevettati, sia in fase liquida che solida, e realizzazione di una prima campagna di campionatura del prodotto; fase 3) analisi delle prestazioni fisiche mediante lettura della materia con microscopia a scansione (SEM ed EDX); fase 4) riformulazione della composizione delle mescole e realizzazione di una seconda campagna di campionatura del prodotto, rianalizzata con SEM ed EDX; fase 5) analisi delle prestazioni tecniche dei campioni ottenuti attraverso la simulazione con software specialistici.

In particolare, l'osservazione della macrostruttura al microscopio ha permesso di comprendere le caratteristiche strutturali intrinseche espresse dalle bioplastiche così ottenute e di correlare le prestazioni materiche alle diverse percentuali testate (Violano and Del Prete, 2018). L'esame al microscopio (SEM) ha suggerito, infatti, una diversa distribuzione dei composti vegetali che formano macrostrutture differenti per ogni composto (Figg. 1-3). In aggiunta, è stata effettuata un'analisi EDX, al fine di evidenziare un residuo minerale presente nelle bioplastiche, tipico o proveniente dalla lavorazione di amidi o ingredienti misti (Del Prete et alii, 2019). La metodologia sperimentale è stata di tipo ciclico: creazione, analisi e riformulazione

del prodotto. La preparazione delle mescole è stata distinta in due fasi: solida e liquida.

La fase solida ha previsto una mistura di amido di mais, tapioca o patata nella doppia configurazione, con e senza sale. Nella prima campagna di campionatura sono stati realizzati 18 campioni. Tre campioni contenevano le componenti di fase solida con amido puro: mescola 1 tipo a) con Amido di Mais (Fig. 4a); mescola 2 tipo a) con Fecola di Patate (Fig. 4b); mescola 3 tipo a) con Amido di Tapioca (Fig. 4c). Quindici campioni contenevano gli stessi amidi ma con cloruro di sodio in percentuale variabile (20%; 40%; 60%; 80%; 100%). La presenza di sale della fase solida ha avuto un'importanza rilevante nell'esperimento, poiché ha svolto un'azione igroscopica e sterilizzante allo stesso tempo, essenziale nella progettazione e ideazione delle bioplastiche, dal momento che la forte presenza di amido diventa un facile terreno di coltura per batteri e miceti. Questo risultato sperimentale apre la possibilità d'impiego di questo materiale per utilizzi nei quali il requisito di resistenza ad attacchi biologici e pulibilità (sanificazione) risulti rilevante.

La fase liquida, invece, consiste nell'utilizzo di componenti quali glicerolo e aceto bianco (che hanno rispettivamente un ruolo stabilizzante e conservante delle strutture e un ruolo di blando battericida) a cui si è aggiunta acqua demineralizzata. Le due fasi (solida e liquida) sono state poste in miscelazione con vortex prima separatamente, e poi insieme; quindi, il prodotto è stato sottoposto a 3 cicli in autoclave secondo un processo a vapore fluente e/o saturo con un'alternanza di 20 minuti a 120 °C e 20 minuti a 60°C per ogni ciclo. Il processo di autoclave serve non solo a far solidificare la bioplastica ma contribuisce al processo di sterilizzazione del prodotto finale. I campioni così realizzati sono stati lasciati a temperatura ambiente per una settimana, durante la quale sono state osservate e annotate le variazioni di consistenza, rigidità e translucidezza.

**L'analisi in microscopia** | L'indagine delle bioplastiche al Microscopio a Scansione Elettronica (SEM) ha permesso un'analisi più approfondita dei campioni realizzati, sia in piano che in sezione. Con una visione micrometrica delle strutture e uno studio mineralometrico, grazie all'analisi EDX (spettroscopia a raggi X), si sono potute capire le interazioni molecolari che intercorrono nelle bioplastiche e la microarchitettura che costituisce i campioni di bioplastica realizzati. Le bioplastiche prodotte sono state tagliate in 2 sezioni, una sezione piana (FS) che indaga la superficie dell'elemento e la distribuzione dei minerali su di essa, e una sezione trasversa (LS) ottenuta predisponendo un taglio perpendicolare all'area piana e ruotando il campione di 90°. Le due sezioni sono state funzionali sia per indagare la macrostruttura dei campioni sia per uno studio mineralometrico approfondito di tutto il campione, dato che l'EDX presenta una penetrazione del raggio X incidente di 3 µm, e quindi con la sola indagine mineralometrica sul piano non si sarebbe potuto indagare tutto lo spessore delle bioplastiche.

Si è inteso effettuare, su questi sei tagli, due

Material	Origin/End of life	Resources	Characteristics	Applications
BioPET, BioPe, BioPa, ecc.	From 20 to ~ 100% bio-based, non-biodegradable, non-compostable	Sugar cane, molasses, vegetable oils	Equivalent to classic polymers, recyclable, non biodegradable, easy to use	All kinds of packaging, technical parts
PLA	≈ 100% bio-based, 100% biodegradable and compostable	Starch (maize), sugar cane sugar beet, tapioca, etc.	Transparent, rigid, low thermal resistance, limited barrier effect properties	Agri-food packaging (trays, films, cups...), cosmetics, injected parts, biocomposites
PHA	≈ 100% bio-based, 100% biodegradable and compostable	Starch (maize), sugar (sugar cane, beet), biomass	Matt to translucent, rigid to elastomeric, good thermal resistance and barrier effect properties	Biocomposites, injected parts, packaging film, etc.
Biopoliesters	Partially bio-based, 100% biodegradable and compostable	Sugar cane, starch, etc.	Matt to translucent, rigid to flexible, good heat resistance	Mulching film, bottles, injected pieces, etc.
Cellulosic derivatives	Mainly bio-based, they can be biodegradable and compostable	Wood pulp	Transparent, rigid, good thermal, mechanical and barrier effect properties	agri-food packaging (films), injected pieces, etc.
Bioelastomers	Partially bio-based and/or 100% biodegradable and compostable	Several bio-based polyols (vegetable oils, sugars, etc.)	Very flexible, good mechanical properties and easily convertible	Mainly technical and injected parts
Starch Compounds	Partially bio-based, they can be biodegradable and compostable	Starch (corn, potatoes, etc.), flours	Flexible, moisture sensitivity, controlled biodegradation	Bags, mulch film, horticulture...
Biocomposites	Partially bio-based, they can be biodegradable and compostable	Fibres of wood, hemp, linen, bamboo and bioplastic or conventional fibres	Rigid, good mechanical and thermal resistance, easily convertible	Mainly technical and injected parts

Table 1 | Features of the different bioplastics (source: natureplast.eu, accessed 30/03/2020).

diversi tipi di lettura: una lettura mapping e una lettura puntiforme delle sezioni FS e LS per ogni elemento che si intendeva rilevare. L'analisi Mapping del campione permette di avere una visione della distribuzione dei minerali all'interno del campione, mentre l'analisi puntiforme indaga la concentrazione dei minerali per ogni punto preso in esame (Olufaden and Simonson, 2018). I minerali per i quali era stata condotta l'indagine erano: sodio, cloro, ossigeno, silicio e selenio, ma al momento dell'analisi sono stati rilevati altri elementi significativamente espressi, che quindi sono stati inclusi nei dosaggi: fosforo, potassio e calcio (l'azoto inizialmente considerato, è stato poi eliminato perché non significativamente espresso).

La morfologia delle bioplastiche nella visualizzazione in SEM ha, invece, permesso di mettere in risalto la forte differenza delle macrostrutture tra loro. Tra tutti i campioni è significativa l'osservazione di tre tipi di macrostrutture diverse: mescola 1.a (Amido di Mais); mescola 2.a (Fecola di Patate) e mescola 2.b (Fecola di Patate + sale). La mescola 2.a presenta un raggruppamento lamellare in sezione, a differenza della mescola 2.b che invece ha un aspetto omogeneo, con sedimenti ramificanti di cristalli di sale al suo interno. La struttura della mescola 1.a, invece, differisce totalmente dai precedenti prodotti, presentando dei macroalveoli al suo interno che danno azione pneumatica alla bioplastica, permettendo un significativo movimento e una grande resistenza.

**Risultati** | La bioplastica con la migliore distribuzione e organizzazione interna più efficace è risultata la bioplastica in mescola 1.a (Amido di Mais), la quale con la sua maglia trabecolare offre dinamismo e mobilità oltre che resistenza (Figg. 5, 6). Le 'mapping area' presentate evi-

denziano la distribuzione dell'ossigeno all'interno dei composti. Si osserva che l'ossigeno nella mescola 1.a in sezione segue l'orientamento del trabecolato, lasciando delle aree di vuoto pneumatico (Figg. 5, 6), mentre la sua disposizione in superficie è omogenea. Notiamo come invece negli altri composti (Figg. 7, 8) ciò non avviene, anzi la distribuzione dell'ossigeno si può dire omogenea, maggiormente evidente nella sezione della mescola 2.a dove si ritrova un'architettura lamellare (Figg. 9, 10).

Nella Figura 11 si evidenzia l'andamento percentuale dello zolfo all'interno dei 3 composti; nella mescola 1.a (Amido di Mais) si evidenzia, solo nell'area in sezione, una significativa espressione dello Zolfo, che diventa costitutivo dell'architettura della bioplastica; risulta, infatti, significativo come questa bioplastica sia l'unica a esprimere un'organizzazione strutturale a microcelle che le altre bioplastiche non esprimono, e ciò può essere spiegato dalla presenza dello zolfo che organizza le celle in modo da costituire trabecolati e non strutture amorfe come nelle altre bioplastiche, dando per questo una funzione flessibile alla bioplastica stessa (Tab. 2).

**Conclusioni** | È stato possibile osservare attraverso l'uso della miscoscopia a scansione come, al variare di un singolo elemento all'interno della miscela, siano nate bioplastiche completamente diverse tra loro. Interessanti sono le due a base di Fecola di Patate: l'aggiunta di Cloruro di Sodio all'interno di una di esse ha dato vita a un biomateriale elastico e opaco, al contrario di quella realizzata senza Cloruro di Sodio, rigido e traslucido. Il progetto, dunque, mira a produrre un materiale biocomposito costituito da materiali organici che possa essere utilizzato nella progettazione e a capire come

intervenire al fine di aumentare la sua durata di vita e la sua resistenza alle condizioni d'umidità e usura.

I materiali plastici biobased, proposti in questo contributo, aprono nuovi scenari per la creazione e la sostituzione dei materiali plastici ordinari. La ricerca sui materiali innovativi sperimentali nel campo delle biotecnologie e dell'ingegneria suggerisce prestazioni all'avanguardia in termini di usi standard connessi e funzioni appropriate. I risultati della sperimentazione hanno registrato una risposta fortemente adattiva del materiale finale, pienamente in linea con l'approccio del Regenerative Design (Attia, 2018) e dell'Eco-technological Design, che sottolinea il recupero della connessione dialettica tra natura/ambiente/benessere e l'essere umano (Birkeland, 2002).

L'approccio multiscalar ha permesso, inoltre, di ottenere un'innovazione di prodotto, attraverso una metodologia di analisi scientifica, innovativa nel campo dell'architettura, che ha capitalizzato le informazioni ottenute con il passaggio di scala di osservazione. Attraverso la microscopia a scansione, l'analisi dei materiali delle componenti sperimentali innovative ha permesso di valutare a livello microtecnologico le dinamiche biologiche evolutive alla base della sperimentazione e a livello della macrostruttura le caratteristiche fisiche, biologiche, tecniche e strutturali espresse da questi materiali, consentendo di rimodulare e modificare la composizione percentuale del materiale (nel caso di materiali plastici biobased).

The research about innovative bio-based materials was born out of a need to overstep the 'green-design' frontier experience applied in a

fragmented way at the technical elements, inserted as monads in traditionally conceived building systems, practised as an exercise in efficiency (Reed, 2007). To promote the new paradigm of the regenerative architecture that study phenomena of the 'natural structures', also a metabolic and biological point of view (Violano, 2018), the construction concept must evolve to transform the build organism in a system that coevolves with the (natural or urban) ecosystem in which it is integrated. According to John Boecker (et alii, 2009, p. 46), «Regeneration is about designing for the whole: engaging the earth systems, the biotic systems, and the people (or human systems) of each unique place in a continuous dialogue to support their coevolutionary development. The regenerate means to give new life and energy to. Sustained life and energy can only happen in a whole system. This is not an intellectual nicety developing relationship between the living things that make up a whole system is required to achieve a truly sustainable healthy condition».

In this way, the natural resources, necessary for the creation of a built environment, are not intended as sold/uses, but gives 'available for use', in that the materials are reintegrated – after the use – in a circular way as input elements, in a new process (technological or biological in relation with the quality of the matter) and the chain of the value shift the weight from the raw materials of the products to the regeneration of the product itself, so at the process (McDonough and Braungart, 2002). This requires a deep process innovation, a structured eco-design, but also tools for product traceability, alternative economics assessments models and mandatory requirements redefined. In short, it is necessary to reconsider the role of the matter in the design process, with all its morphological quality, ecosystem and functional (Sposito and Violano, 2018). These considerations, combined with the observation that the plastics are a used broad material also in the constructions sector, led the ZEBtwdZEEB group to conduct experimentation – in partnership with Service Biotech Srl – on innovative bio-plastics: opportunities in order to orient the constructions sector towards new paradigms of the regenerative product, in line with community guidelines that provide, within 2050, a sensible reduction of the ecological load.

This experimentation is, mainly, a process innovation for the production of bio-based plastic materials with the use of vegetable starches (in this experimentation: tapioca starch, corn starch and potato starch) coming from the biological processing waste, through low-cost technology, low impact and low carbon emission, valorising secondary products coming from transformed vegetable materials, that have generally low commercial consideration and so an almost zero market value<sup>1</sup>. Moreover, this experimentation also has the added value of being a product innovation, since the properties of the macrostructure of the vegetal compound are exploited as well as for the material yield also for the reintroduction of the bioplastics, at the end of its use-life, in the Biological

Cycle, according to the Cradle-to-Cradle approach (McDonough and Braungart, 2002), thanks to the innovative percentage composition of the components of the mixture. The concept of innovation express itself so in the use of minimum quantities of plastic materials (i.e. glycerol contained only in minimum percentage) and maxims of plant materials, so that could be reintroduced in the biological cycle, without induced pollution.

The enhancement of plant waste coming the industrial process as support element at the plastic process is a relatively recent concept<sup>2</sup> (Federici et alii, 2009; Di Donato et alii, 2011), widely purpose in patents and publications. The Table 1 summarizes the state of the art of the research on the evolution of the potential production of the main biobased polymer (biodegradable and not). Bioplastics, realized with the natural resources as lignin, proteins, lipids and polysaccharides, are an effective alternative at the conventional plastics, derived by the oil. However, in this experimentation, the innovation is the use of the vegetable starch material, that from support became the central element of the plastic process, and the minimum percentage of glycerol present, which allows hypothesizing a method of valorisation at the end of the life through composting.

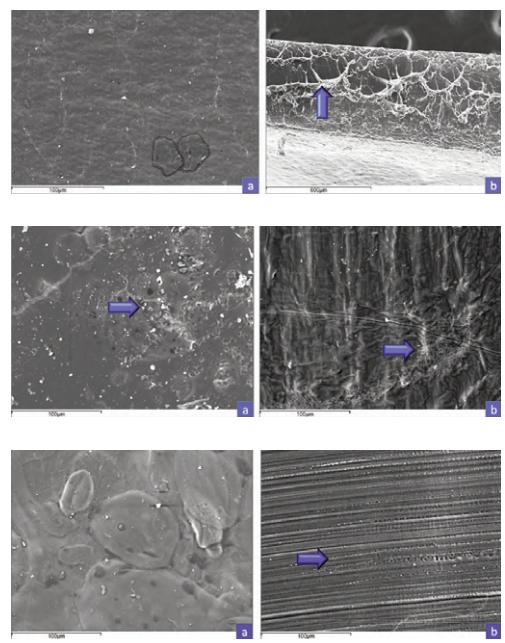
**Methodology and Experimentation** | The project on Bioplastics has requested several pilot steps that led to the determination of the (technical and physical) performances wanted for the later feedback of the materials: phase 1) study of standard components of already tested bioplastics; phase 2) formulation of composition of the mixtures, with a different composition of already patented material, both in the liquid-phase that in solid one, and the realization of a first sampling campaign of product; phase 3) analysis of the physical performances through the lecture of the matter with scanning microscopy (SEM and EDX); phase 4) reformulation of the composition of mixtures and realization of a second sampling campaign of product, re-analysed with SEM and EDX; phase 5) analysis of technical performances of samples obtained through the simulation with dedicated softwares.

In particular, the microscopic observation of the macrostructure allowed to understand the intrinsic structural characteristics expressed by the bioplastics so obtained and to correlate the material performance to the different percentages tested (Violano and Del Prete, 2018). In fact, the Microscopic examination (SEM) has suggested a different distribution of vegetal compounds that make different macrostructures for each compound (Figg. 1-3). In addition, an EDX analysis has been carried out in order to highlight a mineral residue present in bioplastics, either typical or originating from the processing of starches or mixed ingredients (Del Prete et alii, 2019). The experimental methodology was cyclical: creation, analysis, and reformulation of product. Mixture preparation was list in two phases: solid and liquid-phase. Solid-phase predicted a mixture of corn, tapioca, potato starch in double configuration, with and without salt.

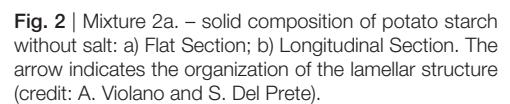
In the first campaign, 18 samples were pro-

duced. Three samples contained components of solid-phase with pure starch: mixture 1 type a) with corn starch (Fig. 4a); mixture 2 type a) potato starch (Fig. 4b); mixture 3 type a) tapioca starch (Fig. 4c). Fifteen samples contained the same starches, but with a variable percentage of salt, sodium chloride (20%; 40%; 60%; 80%; 100%). The presence of salt in the solid-phase has had relevant importance in the experiment, as it has done a hygroscopic and sterilizing action at the same time, primary in the design and ideation of bioplastics since the strong presence of starch became a good soil of bacteria and fungi culture. This experimental result opens up the possibility of fuse this material for usage in which the requirement of resistance to biological attack and cleanability (sanitizing) it is relevant.

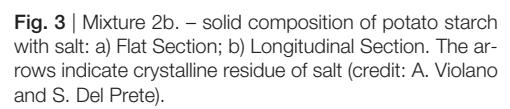
The liquid-phase, instead, consists in the use of glycerol and white vinegar (that have respectively a stabilizer and preservative role in the structure and a role of bland bactericide), to which it was added demineralised water. The two phases (liquid and solid) are mixed with vortex at first separately and then together; so, the product it was subjected at 3 cycles in an autoclave according to a process with fluent and/or full vapour with an alternation of 20 minutes at 120 °C and 20 minutes at 60 °C for each cycle. The autoclave process serves not only to solidify bioplastic but also contributes to sterilize the final product. The samples are left at room temperature for a week, observing and annotating variation of consistency, rigidity and translucency.



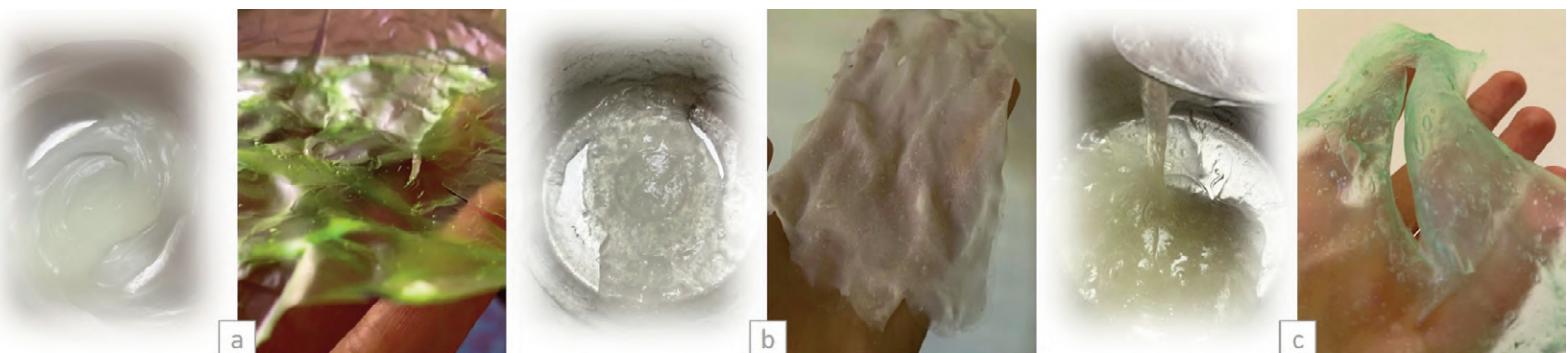
**Fig. 1** | Mixture 1.a – solid composition with corn starch without salt: a) Flat Section; b) Longitudinal Section. The arrow indicates the alveolar organization of the texture (credit: A. Violano and S. Del Prete).



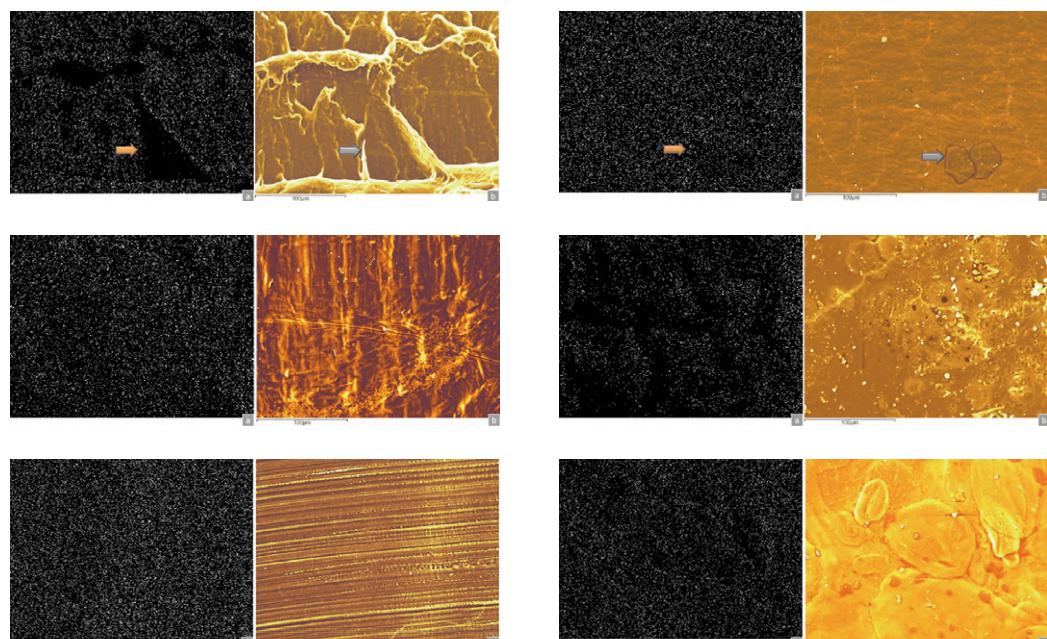
**Fig. 2** | Mixture 2a. – solid composition of potato starch without salt: a) Flat Section; b) Longitudinal Section. The arrow indicates the organization of the lamellar structure (credit: A. Violano and S. Del Prete).



**Fig. 3** | Mixture 2b. – solid composition of potato starch with salt: a) Flat Section; b) Longitudinal Section. The arrows indicate crystalline residue of salt (credit: A. Violano and S. Del Prete).

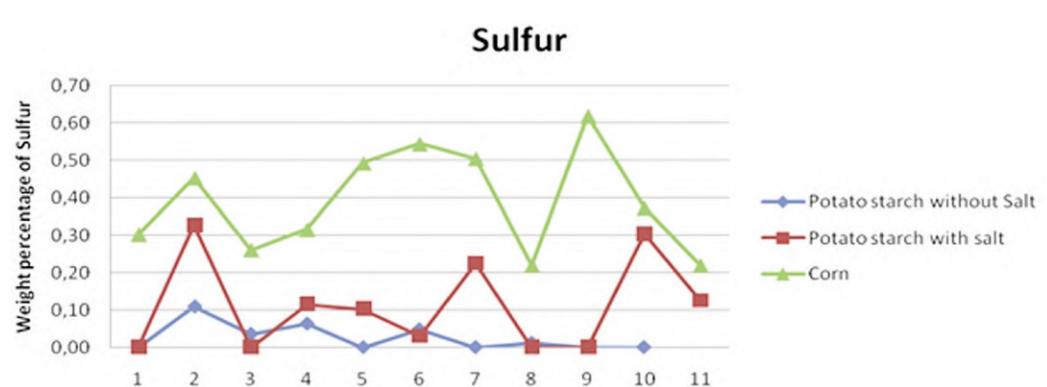


**Fig. 4** | Samples realized: a) mixture 1.a; b) mixture 2.a; c) mixture 3.a (credit: A. Violano and G. Renga).



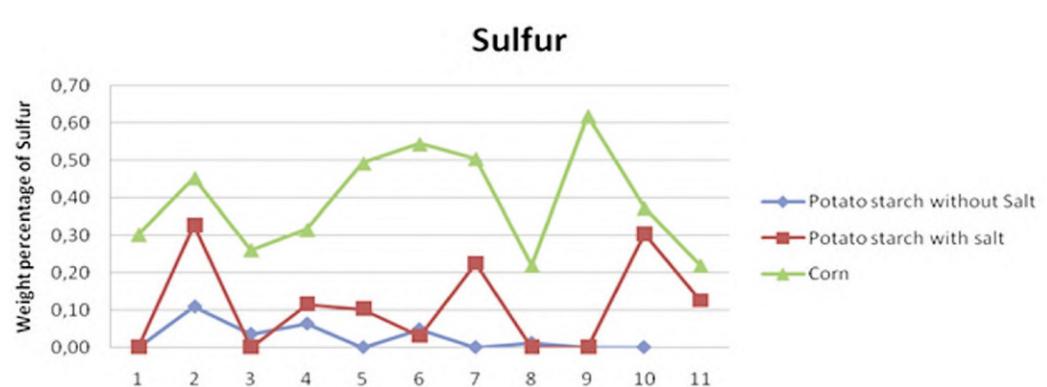
**Fig. 5** | Mapping area – Mixture 1.a Corn starch, Flat Section: a) EDX mapping oxygen; b) SEM oxygen mapping (credit: S. Del Prete and D. Marasco).

**Fig. 6** | Mapping area – mixture 1.a corn starch, Flat Section: a) EDX mapping oxygen; b) SEM oxygen mapping (credit: S. Del Prete and D. Marasco).



**Fig. 7** | Mapping area – Mixture 1.a Potato starch with salt, Longitudinal Section: a) EDX mapping oxygen; b) SEM oxygen mapping (credit: S. Del Prete and D. Marasco).

**Fig. 8** | Mapping area – Mixture 1.a Potato starch with salt, Flat Section: a) EDX mapping oxygen; b) SEM oxygen mapping (credit: S. Del Prete and D. Marasco).



**Fig. 9** | Mapping area – Mixture 1.a Potato starch, Longitudinal Section: a) EDX mapping oxygen; b) SEM oxygen mapping (credit: S. Del Prete and D. Marasco).

**Fig. 10** | Mapping area – Mixture 1.a Potato starch, Flat Section: a) EDX mapping oxygen; b) SEM oxygen mapping (credit: S. Del Prete and D. Marasco).

**Fig. 11** | Percentage weight of the sulphur (credit: S. Del Prete and D. Marasco).

Material	Origin/End of life	Resources	Property	Applications
Compound 1.a	100% bio-based 100% biodegradable and compostable	Cornstarch	Microstructural Dynamism, Flexibility, Mechanical Strength, Thermal Resistance	Finishes, Coatings
Compound 2.a	100% bio-based 100% biodegradable and compostable	Potato starch	Translucency, Stiffness, Mechanical strength	Technical elements
Compound 2.b	100% bio-based 100% biodegradable and compostable	Potato starch Salt	Opacity, Flexibility, Elasticity	Furniture

**Table 2** | Synthesis of the features of the made bioplastics in the phase of experimentation and analysed in the contribution.

**Microscopic Analysis** | The investigation of the bioplastics at Scanning Electron Microscopy (SEM) premised a deeper analysis of made samples, both in the plane section that in longitudinal one. With a micrometric vision of the structures and a mineralometric study, thanks to EDX analysis (X-ray spectroscopy), we could be understood the inner molecular interactions in bioplastics and the microarchitecture that is in the realized bioplastic samples. The bioplastics were cut into two sections, a Flat Section (FS) that investigates the surface of the element and the distribution of the mineral on it, and a Longitudinal Section (LS), obtained predisposing a perpendicular cut on the plane area and turning the sample on 90°. The two sections are been functional both to investigate the macro-structure of samples both for a deep mineralometric study of all the sample, since that the EDX shows an incident X-ray penetration of 3 µm, and so if we make only the flat mineralometric investigation we cannot analyse all the thickness of the bioplastics.

It was intended to carry out, on these six cuts, two different kinds of reading: a mapping reading and a pointed reading of the FS and the LS section for each element that we wanted to take over. The Mapping analysis of the sample allows having a vision of the distribution of the minerals in the inner part of the

sample, while the pointed analysis investigates the concentration of the minerals for each point taken in the exam (Olufaden and Simonson, 2018). The minerals for which was conducted the investigation were sodium, chlorine, oxygen, siliceous and selenium, but at the time of the analysis has been detected other elements significantly expressed, that so was included in the phosphorus dosages, potassium and calcium (the nitrogen initially considered was eliminated because not significantly expressed).

The morphology of bioplastics visualized in SEM has, instead, allows to put in evidence the strong difference of the macrostructures among them. Between all samples is significant the observation of three types of different macrostructures: mixture 1.a (corn starch); mixture 2.a (potato starch) 2.b (potato starch and salt). The mixture 2.a presents a lamellar grouping in section, unlike the mixture 2.b that instead has a homogeneous aspect, with branched crystal sediments of salt in its inner part. The structure of the mixture 1.a, instead, totally differs from the previous products, presenting some macro alveolar formations in its inner part, that given a pneumatic action at the bioplastics, allowing a significant movement and a great resistance.

**Results** | The bioplastic with the best distribution and inner organization more effective it is turned out the bioplastic in mixture 1.a (corn starch), that one with its trabecular mesh offers dynamism and mobility as well as resistance (Figg. 5, 6). The mapping areas presented put in evidence the distribution of the oxygen in the inner part of compounds. We observe that the oxygen in the section of mixture 1.a follows the

orientation of the trabecular mesh, leaving areas of pneumatic empty (Figg. 5, 6), while its disposition on the surface is homogeneous. We note how instead in the other compounds (Figg. 7, 8) that not happen, rather the distribution of the oxygen you can say homogeneous, mostly in evidence in the section of the mixture 2.a where we can find lamellar architecture (Figg. 9, 10).

In Figure 11 you can evidence the percentage trend of the sulphur in the inner part of the three compounds; in the mixture 1.a (corn starch) you can evidence, only in the area in section, a significant expression of the sulphur, that become constitutive of the architecture of the bioplastic; in fact, it is significant how bioplastic is the one expression of structural microcells organization that the other bioplastics not express; it can be explained by the presence of the sulphur that organizes the cells to constitute trabecular meshwork and not amorphous structures as in the other bioplastics, giving a flexible function at the bioplastic (Tab. 2).

**Conclusions** | It was observed through the use of the scanning microscopy as the variation of a single element in the inner part of the mixture produces totally different bioplastics. Two bioplastics based on potato starch are very interesting. The addition of sodium chloride inside one of them gave rise to an elastic and opaque biomaterial, unlike the one made without sodium chloride, rigid and translucent. Therefore, the project aims to produce a bio-composite material made of organic materials that can be used in the design and to understand how to intervene in order to increase its life span and its resistance to humidity and wear conditions.

The biobased plastic materials, purposed in this contribution, open new scenarios for the creation and the substitution of the ordinary plastic materials. The research on the innovative experimental materials in the field of the biotechnology and engineering suggests cutting-edge performance in terms of standard uses connected and appropriate functions. The results of experimentation have registered a strongly adaptative reply of the final material, fully in line with the approach of the Regenerative Design (Attia, 2018), underlining the recovery of the dialectic connection between nature/environment/wellness and human being (Birkeland, 2002).

Moreover, the multiscale approach allowed to obtain an innovative product, through a scientific methodology analysis, innovative in the architecture field, that capitalized the information obtained with the observation stairway. Through scanning microscopy, the analysis of the materials of the innovative experimental components allowed to evaluate at the micro technical level the evolutive biologic dynamics to the base of the experimentation and at the level of the macrostructure the physical, biological, technical and structural features express by these materials, allowing to remould and modify the percentage composition of the materials (in the case of the plastic biobased materials).

## Acknowledgements

The contribution, which is part of the research activities carried out by the ZEBtwdZEEB Group of the DADI of the 'L. Vanvitelli' University of Campania on innovative bio-based materials carried out in collaboration with Service Biotech Srl, is the result of a common reflection by the Authors. However, the Introduction, 'Methodology and Experimentation' and 'Conclusions' are to be attributed to A. Violano while the paragraphs 'Microscopy analysis' and 'Results' to S. Del Prete. Thanks to Arch. G. Renga, for active collaboration in the preparation phase of the first sampling campaign, and Dr. D. Marasco for active collaboration in the EDX investigation phase. Finally, for the publication of this article, we would like to thank the VALERE Program of the 'L. Vanvitelli' University of Campania which assigns contributions for the dissemination of open access research products.

## Notes

- 1) Most of the plant waste is, in fact, incinerated or used as natural compost or animal feed.
- 2) Federici et alii (2009) report a review that identifies and discusses sustainable ways for the advancement of valorisation, in particular by exemplifying the valorisation of wastewater from the production of olive oil. Furthermore, recent works deal with the use of plant waste as a growth medium for the fermentation of extremophilic biomass (Di Donato et alii, 2011).

## References

- Attia, S. (2018), *Regenerative and Positive Impact Architecture – Learning from Case Studies*, Springer International Publishing, Cham.
- Birkeland, J. (2002), *Design for Sustainability – A Sourcebook of Integrated Ecological Solutions*, Earthscan Publications Ltd, London.
- Boecker, J., Horst, S., Keiter, T., Lau, A., Sheffer, M., Toevs, B. and Reed, B. (2009), *The Integrative Design Guide to Green Building – Redefining the Practice of Sustainability*, John Wiley & Son, Hoboken, New Jersey.
- Del Prete, S., Marasco, D., Del Prete, A., Meloni, M., Capaldi, R., Grumetto, L. and Russo, G. (2019), "Scraping cytology and scanning electron microscopy in diagnosis and therapy of corneal ulcer by mycobacterium infection", in *Archive of Case Reports*, vol. 3, pp. 050-053. [Online] Available at: doi.org/10.29328/journal.acr.1001024 [Accessed 11 March 2020].
- Di Donato, P., Fiorentino, G., Anzelmo, G., Tommarno, G., Nicolaus, B. and Poli, A. (2011), "Re-Use of Vegetable Wastes as Cheap Substrates for Extremophile Biomass Production", in *Waste and Biomass Valorization*, vol. 2, issue 2, pp. 103-111.
- Federici, F., Fava, F., Kalogerakis, N. and Mantzavinos, D. (2009), "Valorisation of agro-industrial by-products, effluents and waste: concept, opportunities and the case of olive mill wastewaters", in *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, vol. 84, n. 6, pp. 895-900.
- McDonough, W. and Braungart, M. (2002), *Cradle to Cradle – Remaking the way we make things*, North Point Press, New York.
- Olufade, A. O. and Simonson C. J. (2018), "Characterization of the Evolution of Crystallization Fouling in Membranes", in *ACS Omega*, vol. 3, issue 12, pp. 17188-17198. [Online] Available at: doi.org/10.1021/acsomega.8b01058 [Accessed 12 March 2020].
- Reed, B. (2007), "Shifting from 'sustainability' to regeneration", in *Building Research & Information*, vol. 35, issue 6, pp. 674-680. [Online] Available at: doi.org/10.1080/09613210701475753 [Accessed 11 March 2020].
- Sposito, S. and Violano, A. (2018), *Technological Design – The innovation in the method*, Palermo University Press, Palermo. [Online] Available at: www.unipress.it/it/book/technological-design\_164/ [Accessed 18 March 2020].
- Violano, A. (2018), "Oltre la Materia: la sperimentazione di bio-based grown materials dai miceli | Beyond Materials – The experimentation of bio-based grown materials from mycelia", in *Techne / Journal of Technology for Architecture and Environment*, vol. 16, pp. 299-307. [Online] Available at: doi.org/10.13128/Techne-23029 [Accessed 18 March 2020].
- Violano, A. and Del Prete, S. (2018), "A bio-based grown material for living buildings", in *Beyond all limits – Proceedings Book of Extended Abstracts – International Congress on Sustainability in Architecture, Planning, and Design – 17-19 October 2018, Ankara, Turkey*, Çankaya University Press, pp. 762-768.

## APPROCCIO SISTEMICO E GESTIONE MULTISCALE DEI DATI Il caso studio ‘frigorifero’

## A SYSTEM APPROACH AND MULTISCALE DATA MANAGEMENT A ‘refrigerator’ case study

Paolo Marco Tamborrini, Eleonora Fiore

### ABSTRACT

Numerose tecnologie digitali come l'Internet of Things, l'Intelligenza Artificiale e il Machine Learning potrebbero stravolgere il modo di concepire il processo progettuale, soprattutto quando impiegate per reperire informazioni indispensabili alla definizione del problema, individuare i requisiti e sostenere decisioni progettuali, tipiche della fase di pre-design. In questo saggio si riflette sulla complessità del progetto, sulla necessità di un approccio sistematico basato su metodi partecipativi e sull'utilizzo di prototipi come strumenti per sbloccare il potenziale, ancora ampiamente inesplorato, dell'utilizzo dei dati ai fini progettuali. In seguito a un esperimento condotto su un frigorifero, sono state inoltre tratte conclusioni su visioni future, aspetti metodologici di progettazione nell'ambito del design sistematico e sulla relazione tra dato e sostenibilità.

Many digital technologies, such as the Internet of Things, Artificial Intelligence and Machine Learning, could radically change the way of conceiving a design process, especially when they are used to retrieve essential information to define a problem, identify the requirements and support design decisions, all of which are typical of the pre-design phase. In this essay, we reflect on the complexity of designing, on the need for a systemic approach based on participatory methods and on the use of prototypes as tools to unlock the potential, albeit still largely untapped, use of data for design purposes. An experiment has been conducted on a refrigerator and conclusions have been drawn on future visions, methodological aspects in the field of systemic design and the relationship between data and sustainability.

### KEYWORDS

design sistematico, sostenibilità, tecnologie digitali, requisiti, economia circolare

systemic design, sustainability, digital technologies, requirements, circular economy

**Paolo Marco Tamborrini**, Designer, is an Associate Professor in Design. He is in charge of the Design School at the Politecnico di Torino (Italy). He is Founder and Scientific Manager of the Innovation Design Lab, a hub in which Systemic Design is used to guide innovation toward entrepreneurship and environmental sustainability. He deals with design criticism and cooperates with some sector newspapers. Mob. +39 338/62.74.677 | E-mail: paolo.tamborrini@polito.it

**Eleonora Fiore**, Eco-Designer and PhD, is a Research Fellow at the Department of Architecture and Design at the Politecnico di Torino (Italy) where she mainly carries out research in the field of systemic design, sustainability and the IoT applied to the design of product systems. Mob. +39 328/73.03.068 | E-mail: eleonora.fiore@polito.it

Negli ultimi decenni e dopo numerose sperimentazioni, le tecnologie pervasive basate sull'Internet of Things (IoT), sull'Intelligenza Artificiale e il Machine Learning hanno trovato un'applicazione reale, introducendo nuovi modi di gestire le informazioni e nuove forme di conoscenza. La capacità di processare i megadati tramite algoritmi e la possibilità di apprendere dagli stessi, danno origine a scenari futuri ancora inesplorati. Soprattutto, disegnano i profili degli utenti e dei loro comportamenti, con dettagli preziosi e ricchezza di informazioni qualitative e quantitative, definiscono requisiti<sup>1</sup> e producono dati che, se opportunamente ed eticamente impiegati, possono diventare strumento per supportare i designer nella progettazione di sistemi di prodotti radicalmente nuovi, in particolare nell'ambito della sostenibilità ambientale (Ramadoss, Alam and Seeram, 2018; Sonetti, Naboni and Brown, 2018; Ghoreishi and Happonen 2019; Ellen MacArthur Foundation, 2019; Vinuesa et alii, 2020). Allo stesso modo, possono facilitare la progettazione su scale diverse, supportando il passaggio da una scala micro, alla quale si giunge con l'acquisizione di conoscenze via via più specifiche e puntuali, a una scala macro, attraverso un processo inverso di astrazione che dal particolare ritorna al generale. In questo saggio, s'intende indagare la fase di pre-design, o rilievo olistico, che comprende la scoperta dei requisiti e la loro specificazione, dando seguito al dibattito iniziato negli anni '60, nel decennio definito da Richard Buckminster Fuller della 'scienza del design' (Cross, 2008).

Il movimento rappresentato dai cosiddetti 'design methodologists', tra cui John Christopher Jones, Christopher Alexander, Geoffrey Broadbent, Bruce Arche e Gary Moore (Conley, 2004), ha cercato di strutturare il processo di progettazione<sup>2</sup> dando il via alla gestione dei requisiti progettuali. La scoperta dei requisiti è un argomento comune a molte discipline al di fuori del design e dell'architettura; ogni disciplina ha però affrontato la sfida individualmente, da prospettive diverse e con strumenti alternativi (mappatura, rappresentazione, elaborazione di modelli, per citarne qualcuno).

Nel campo del Design, il dibattito sui requisiti è iniziato con il lavoro di Giuseppe Cribini (1984) ed Enzo Fratelli; tutt'ora è attivo e alla base della metodologia prestazionale adottata in molte Scuole italiane di design per strutturare il processo decisionale e l'analisi dello scenario nelle fasi iniziali del processo progettuale (Germak and De Giorgi, 2009). Poiché i requisiti sono l'espressione dei valori del sistema, come tali, meritano di essere strutturati e indagati a fondo seguendo passaggi fondamentali, che ne consentono l'individuazione, la descrizione attraverso modelli e gerarchie, la validazione e la gestione nel tempo. Combinando le categorizzazioni fornite da Cheng e Atlee (2009) e da Hansen, Berente e Lyytinen (2009) si ottiene uno strumento per gestire i requisiti dei diversi attori, riassunto nei passaggi principali e secondari nella Figura 1. Considerando la complessità dei sistemi prodotto-servizio e delle ricadute di questi sugli aspetti economici, ambientali e sociali, occorre ripensare il concetto di 'utente-target', promuovendo un'idea più

estesa di 'rete di stakeholder' o attori specifici del progetto, per tenere conto dei numerosi effetti che può avere un prodotto durante il suo utilizzo.

**Il ruolo degli stakeholder e delle competenze transdisciplinari** | Con il termine pre-design si intendono le numerose attività che si svolgono durante la fase esplorativa, essenziali per raccogliere le informazioni utili ai fini progettuali e stabilire i valori che si vogliono veicolare all'interno del progetto. Per riprendere una visione nota e senza la pretesa di selezionare un unico e specifico processo progettuale possibile, facciamo riferimento ai primi due moduli del processo del Design Thinking sviluppati dalla Standford University (Fig. 2), concepiti in maniera semplificata per consentire a chiunque di comprendere il processo progettuale (Carter, 2016). Esistono diversi metodi per concretizzare questa fase d'indagine: la ricerca etnografica, la definizione di scenari alternativi, i brainstorming e i focus group sono tra questi, insieme all'uso di prototipi, anche rudimentali, come strumento per stabilire una base comune per la comprensione e la discussione (Hansen, Berente and Lyytinen, 2009). Tutti questi metodi d'indagine tendono però a essere informali e intuitivi per facilitare un feedback tempestivo da parte degli stakeholder (Cheng and Atlee, 2009).

Nel caso della progettazione di sistemi complessi, questa fase esplorativa risulta multiforme e articolata soprattutto a causa della difficoltà nell'individuazione degli attori diretti e indiretti che verranno influenzati dal sistema stesso. Si tratta di attori univoci e peculiari che dipendono, tra le altre cose, dai confini stabiliti per il sistema che si sta prendendo in considerazione: non possono essere generalizzati e solo una loro corretta identificazione ci consente di procedere nella direzione corretta. La complessità è un fenomeno in continuo cambiamento nei contesti, nei vincoli e nelle funzionalità e richiede una gestione transdisciplinare (Berente, Hansen and Lyytinen, 2009), in grado di coprire numerose abilità e competenze per rispondere ai requisiti di tutte le parti interessate. Per questa tipologia di progetto non possiamo più fare riferimento al lavoro di un singolo designer illuminato. La complessità va di pari passo con la contaminazione delle conoscenze per affrontare ogni nodo di un sistema. La definizione del team di progettazione e del network di stakeholder è un'operazione specifica di ogni progetto e dipende strettamente dal prodotto o dal servizio che si intende sviluppare.

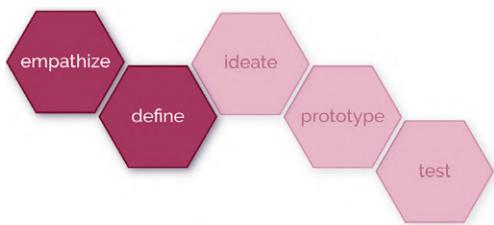
Nella progettazione dei sistemi non si può pretendere che tutti i requisiti siano noti prima della costruzione del sistema stesso, in quanto continueranno a cambiare con il passare del tempo. Le decisioni progettuali saranno prese in risposta a nuove conoscenze, ovvero mano che si comprenderanno meglio i requisiti (Lyytinen et alii, 2009). La comprensione del problema e la risposta progettuale dovrebbero co-evolvere come due attività inscindibili e intrecciate che si compongono a vicenda (Westerlund and Wetter-Edman, 2017). Inoltre l'evoluzione dei requisiti risente dell'evoluzione tecnologica ma anche dell'evoluzione del contesto socio-culturale (De Risi, 2001).

**Il Co-Design e il ruolo dei designer in ambiti complessi** | Il designer svolge pertanto un ruolo nella mediazione di requisiti, valori, ruoli e obiettivi contrastanti degli attori interessati, mantenendo una visione d'insieme del sistema. Per i sistemi su larga scala, quindi, la progettazione può essere considerata una 'negoziazione interdisciplinare' piuttosto che la pianificazione di un sistema perfettamente stabile, il cui risultato si traduce in un comportamento emergente e imprevedibile che differisce da quello dei singoli individui. Il Design Partecipativo – meglio noto come Co-Design – può fornire una risposta, favorendo l'intervento di potenziali utenti nelle decisioni progettuali che influenzano la loro vita; l'uso di metodi e tool consente di rivelare le esigenze inconsce o nascoste degli utilizzatori, evidenziando una conoscenza pratica e contestuale (de Bont et alii, 2013). Secondo Sanders e Stappers (2008), l'applicazione del Design Partecipativo a problemi su larga scala, durante le prime fasi della generazione dell'idea, durante il processo di progettazione, così come in tutti i momenti chiave della decisione, cambierà la progettazione e potrebbe cambiare il mondo.

Gli impatti positivi del coinvolgimento degli utenti nel processo progettuale sono stati espressi da Mink (2016) e de Bont et alii (2013). La conoscenza dei requisiti e il coinvolgimento attivo degli utenti dovrebbero portare al miglioramento dell'accessibilità e dell'accettazione del prodotto-servizio, provocando una maggiore soddisfazione, riducendo il numero d'iterazioni progettuali e quindi i tempi e i costi di sviluppo. L'apertura del processo d'innovazione alla società porta sicuramente benefici ma comporta alcuni rischi che non possono essere ignorati. Il solo coinvolgimento dell'utente, infatti, non garantisce l'identificazione di tutti gli aspetti rilevanti e può essere fallimentare quando le persone coinvolte non sono idonee al processo partecipato, causando un dispendio in termini di tempo e di costi. La selezione del panel adatto al co-design non è un'operazione banale e può richiedere molti sforzi da parte dei progettisti.

In ogni processo di co-progettazione la guida del designer è indispensabile per coinvolgere le parti interessate nella creazione di nuovi prodotti di valore. I designer fanno la differenza nei processi di co-progettazione anche perché possono lavorare con le parti e il tutto (Westerlund and Wetter-Edman, 2017), diventando figure strategiche nella gestione dei sistemi di più grande portata e complessità. Sanders e Stappers (2008) presentano l'idea di designer come facilitatore creativo, in grado di mediare le interazioni tra persone con diversi livelli di conoscenza, abilità e creatività. I due studiosi sottolineano l'importanza del designer come esperto di dominio nello sviluppo del progetto, creando nuovi strumenti per sviluppare un processo di Co-Design a supporto della creatività collettiva. Possiamo affermare quindi che i designer forniscono un altro modo di pensare; sono 'bravi' nella definizione e caratterizzazione dei problemi e hanno la struttura mentale per gestire informazioni incomplete senza rimanere bloccati. Per formazione, la maggior parte dei designer è abile nel pensiero

1. Elicitation & discovery	2. Specification	3. Validation and verification	4. Management
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Understanding the needs of different stakeholders</li> <li>- Understanding the current operating context of the product</li> <li>- Selecting from collections of proposed requirements (eg.)</li> <li>- Negotiating requirements priorities with the stakeholders</li> </ul>	<p>Modelling</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Modelling requirements / Setting the system boundaries</li> <li>- Setting objective acceptance criteria</li> </ul> <p>Prioritizing</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Documenting and analysing</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Validating that the documented requirements match the negotiated ones</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Managing requirements evolution</li> </ul>



visivo, nella conduzione di processi creativi, nel trovare le informazioni mancanti ed è in grado di prendere le decisioni in assenza di informazioni complete.

Per la progettazione di sistemi complessi sostenibili emerge quindi la necessità di formulare un modello ibrido che utilizzi i processi di co-progettazione coinvolgendo non solo gli utilizzatori e gli stakeholder ma anche tante figure scientifiche e professionali interdisciplinari. Per il caso studio in oggetto, riferito alla progettazione, produzione e utilizzo dell'elettrodomestico frigorifero, è stata disegnata, per esempio, una rete di attori idealmente coinvolgibili (Figg. 3, 4). È importante impostare il dialogo e l'interazione tra le parti gestendo efficacemente le attività all'interno del sistema. Individuare uno o più obiettivi comuni, non in contrasto tra loro, permette di unire le competenze in modo efficace e di negoziare i requisiti e i valori.

**Progettare sistemi complessi** | La parte più difficile nella progettazione di sistemi complessi risiede nel non sapere come progettarli (Berente, Hansen and Lyytinen, 2009). Tuttavia è richiesta una visione sistemica in grado di mettere in relazione le diverse componenti in modo fluido, dinamico e solo parzialmente prevedibile. Una nuova sfida per la progettazione è che i sistemi futuri e gli artefatti ad essi collegati tengano in considerazione questo grado di malleabilità e fluidità, che può passare – come suggeriscono Berente, Hansen e Lyytinen (2009) – attraverso le pratiche di co-progettazione con gli utenti o lo sviluppo di tool per la personalizzazione da parte degli utenti, ma può anche coinvolgere strumenti intelligenti che apprendono dall'uso, artefatti in evoluzione dinamica o artefatti generati dagli utenti stessi. Il designer sarà tenuto a prestare sempre più attenzione alla fluidità post-sviluppo di un prodotto, notevolmente differente rispetto a quella del passato. I requisiti dovrebbero essere pertanto adattabili e accompagnare la continua evoluzione del manufatto, anche dopo l'implementazione (Hansen, Berente and Lyytinen, 2009).

Nella trattazione dei sistemi complessi, il Design Sistemico (DS) fornisce un approccio oli-

**Fig. 1** | Steps in the investigation of design requirements.

**Fig. 2** | Design Thinking Process (source: Standford University, dschool. stanford.edu).

stico per aiutare i designer a gestire tutte le parti del sistema, considerando molteplici requisiti, in particolare quelli ambientali con ricadute sull'economia e sulla società. Il DS aiuta a gestire la scala dei dettagli, da mega a nano e viceversa, gestendo tutti gli aspetti rilevanti, compresa la rete di relazioni che s'instaura tra le parti interessate e tra queste e l'ambiente (Bistagnino, 2016). In ottica di sostenibilità, il passaggio dal mega al nano è indispensabile per arrivare a misurare gli impatti del singolo prodotto relazionato al sistema, studiando tutti i componenti e la loro funzione, ma anche analizzando le interazioni che si generano con gli individui, per poi tornare al mega, ovvero alla progettazione di sistemi di prodotti maggiormente incentrati sulla sostenibilità, in grado di semplificare la vita e le azioni quotidiane delle persone. Il contributo del DS consiste nella capacità di gestire la complessità attraverso l'analisi a livelli e momenti diversi (cambi di scala), evidenziando le inefficienze dei prodotti attuali e trasformandole in altre funzionalità e significati del prodotto.

In quest'ottica, sono stati considerati i benefici dell'utilizzo degli indicatori IoT per raccogliere informazioni mancanti sia sul prodotto che sul suo utilizzo e monitoraggio. Ne deriva un accesso a una conoscenza più precisa e meno informale, adatto a definire fasi pre-design per nuove progettualità sostenibili, come s'intende dimostrare attraverso la sperimentazione condotta sul caso studio frigorifero e di seguito descritta. L'Intelligenza Artificiale (IA), inoltre, potrebbe essere applicata per il complesso compito di riprogettazione di intere reti e sistemi, ma sarà necessaria sia la collaborazione tra gli stakeholder, in antitesi alla tradizionale competizione, sia un certo grado di supervisione per supportare queste applicazioni sistemiche.

**Sistemi in grado di apprendere** | Alcuni sistemi tecnologici sono oggi in grado di prevedere e gestire un certo grado d'incertezza, dettato da comportamenti imprevedibili da parte dell'utente o da condizioni ambientali mutate (interruzione di corrente, minacce alla sicurezza).

Allo stesso modo, quindi, si può presumere di poter utilizzare questi sistemi anche per la gestione di requisiti variabili, incerti, incompleti e in evoluzione. Si tratta di compiti impensabili con le sole capacità computazionale dell'individuo umano e quindi delegabili alla tecnologia per una prima interpretazione. Tra le potenzialità di questi strumenti annoveriamo anche l'ottimizzazione delle prestazioni (ad esempio quelle energetiche) in modo dinamico rispetto al cambiamento dei profili operativi, ovvero delle persone che s'interfacciano con il dispositivo, o l'adattarsi in fase di esecuzione a nuove condizioni ambientali o, ancora, a nuovi requisiti che non erano stati previsti durante lo sviluppo (Cheng and Atlee, 2009).

Un caso studio in questa direzione è il termostato Nest di Google (Figg. 5, 6) in grado di modulare il riscaldamento in base alle abitudini e alle preferenze degli inquilini, imparando e programmandosi da solo e fornendo un report mensile all'utente, che potrà confrontare i consumi e comprendere come migliorare l'efficienza energetica con piccoli cambiamenti<sup>3</sup>. Questo oggetto rimane ancora oggi uno degli esempi che meglio coniuga la capacità di adattamento basata sui dati di consumo reali e la riduzione degli impatti ambientali. Il prodotto ha subito un'evoluzione partendo dall'apprendimento delle abitudini degli inquilini in modo da soddisfare il comfort termico, ottimizzando i consumi, fino a spingersi, nelle ultime versioni, al dialogo con i fornitori di energia per contrattare il prezzo evitando i picchi energetici (Kanellos, 2016). Si tratta di una task non solo onerosa in termini di tempo ma anche impensabile per un individuo.

GoPro è un altro esempio di azienda che utilizza i dati per migliorare i propri prodotti, imparando dalle modalità d'interazione degli utenti con essi (Ramadoss, Alam and Seeram, 2018). Le informazioni possono essere acquisite in modo indiretto, analizzando il comportamento degli utenti; l'azienda è così in grado di accedere a requisiti inesplorati, o taciti, e può progettare nuovi prodotti, migliorando l'usabilità e le performance. Sovente la progettazione parte da oggetti già esistenti, perché costituiscono una base ingegnerizzata e concreta da cui avviare un'analisi approfondita (Jonas, 2007). Sono i mezzi attraverso i quali esplorare, proporre e creare conoscenza da trasferire; facilitano la comunicazione tra progettisti e utenti finali (de Bont et alii, 2013). Winnow (Figg. 7, 8) è un sistema che utilizza la visione artificiale e il riconoscimento degli alimenti per contribuire a ridurre gli sprechi alimentari provenienti dal settore della ristorazione, ed è in grado di acquisire i dati, tracciare e classificare i rifiuti. Dopo un periodo di training, gli algoritmi sono in grado di riconoscere automaticamente i cibi sprecati, risparmiando tempo per il personale che non deve inserire manualmente i dati. Gli algoritmi IA ben progettati e addestrati sono molto potenti e adattabili; in ogni caso tali sistemi dipendono dalla qualità e dall'intensità dell'addestramento.

Xovix (Figg. 9, 10) è un sensore 3D di localizzazione della persona completamente basato sull'IA per il settore retail in grado di acquisire i dati real time delle persone nel loro percor-

so all'interno di un edificio (Gyger, 2018). Questi modelli sono predittivi: prevedono il movimento di una persona da un fotogramma all'altro e funzionano anche in assenza di una visione ininterrotta delle persone. Nell'era della sperimentazione dei negozi sempre più automatizzati, senza cash out, come nel caso del negozio Amazon Go, i sensori 3D basati su IA possono rilevare quando una persona prende un articolo da uno scaffale, lo posa o effettua una decisione d'acquisto seguendola per tutto il percorso. Tutti gli esempi riportati non sono esaurienti ma strumentali per mostrare le potenzialità dei prototipi che impiegano l'uso delle tecnologie digitali per specifiche finalità progettuali, ovvero per migliorare le performance anche in ottica di sostenibilità ambientale.

**Il caso studio ‘frigorifero’** | In ambito domestico l’Internet of Things e l’Intelligenza Artificiale hanno già fatto il loro ingresso ufficiale con l’introduzione di assistenti vocali, videocamere Wi-Fi e sistemi di domotica integrata, rendendo accettabile e perseguitabile l’utilizzo dei flussi di informazioni generati dai diversi livelli del sistema per futuri scopi progettuali. I dati tuttavia non costituiscono una forma di intelligenza di per sé. Il designer è chiamato a darne un senso, scegliendo quali informazioni saranno utili in fase progettuale per la realizzazione di prodotti intelligenti per gli spazi domestici. È, inoltre, auspicabile un ruolo del designer, insieme alle aziende, nella pianificazione della raccolta dati, nell’interpretazione e visualizzazione dei stessi per ottenere una massa di informazioni utili per nuove progettualità di prodotti e servizi più funzionali e sostenibili.

Si verrebbe a generare una forma di ciclicità progettuale, a effetto valanga, ricca di informazioni utilizzabili dai designer, dalle aziende e dagli stakeholder per migliorare e innovare, sia in forma incrementale sia radicale, i prodotti sul mercato. Questa pratica, se canalizzata in modo opportuno rispettando il codice etico sull’utilizzo dei dati, può portare alla progettazione di prodotti che rispondono alle esigenze dell’utente, tenendo conto delle questioni ambientali a cui è difficile dare una risposta univoca e globalizzata. Tale prassi aiuterebbe, infine, a considerare un numero crescente di attori e, quindi, di requisiti utili nei processi decisionali e nello sviluppo dei nuovi prodotti o nuove tipologie.

Come caso studio applicativo si è scelto di analizzare il contesto domestico, considerando la casa come un sistema che può essere osservato a diversi livelli di dettaglio. Si è scelto di concentrarsi sul frigorifero con una sperimentazione che ha previsto il monitoraggio di alcuni parametri fisici per un periodo continuativo, per comprendere le dinamiche domestiche che ruotano intorno a questo elettrodomestico, indagando le ripercussioni su tre livelli: i) per la riprogettazione del frigorifero; ii) per la riprogettazione di una routine domestica in cui il frigorifero svolge un ruolo chiave nella gestione dei pasti; iii) per progettare nuovi modelli di business che non prevedano il possesso dell’oggetto.

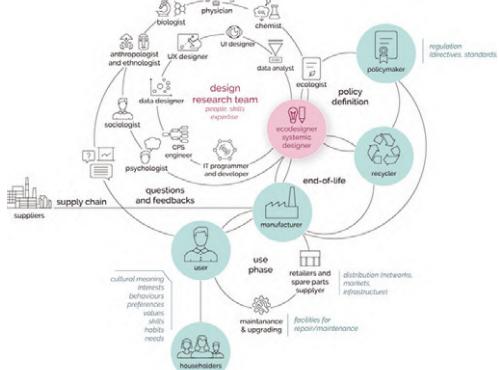
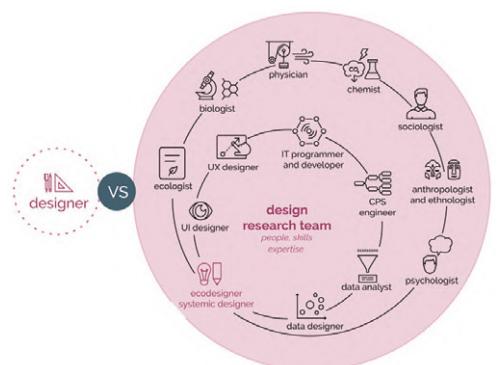
Per questo esperimento è stato inserito all’interno del frigorifero un rilevatore prototipo (Figg. 11, 12) in grado di raccogliere le informazioni relative alla luce, all’umidità, alla tempera-

tura interna ed esterna. La luce accendendosi testimoniava l’apertura del frigorifero, permettendo di valutare l’interazione dell’utente con l’elettrodomestico. Il consumo di energia invece è stato misurato con una smart plug esterna che raccoglieva il dato in ogni secondo, fornendo l’impronta digitale dell’apparecchiatura caratterizzata da un andamento ciclico con fasi alterne di attività e inattività ben riconoscibili (Fig. 13). Quando l’utente non apre la porta del frigorifero per lungo tempo, questo ciclo si stabilizza in un ciclo standard. Dall’analisi dei dati si possono trarre conclusioni più ampie, evidenziando come le conoscenze acquisite possano produrre indicatori per rilevare delle anomalie ed effettuare una manutenzione predittiva o generare modelli in grado di influenzare direttamente la riprogettazione del prodotto.

Per esempio, un frigorifero potrebbe riconoscere un’anomalia sulla temperatura interna: se si riscalda più velocemente del previsto, potrebbe significare che la guarnizione non è in grado di isolare efficacemente. Un’umidità eccessiva evidenzia, per esempio, il bisogno di pulizia dell’oggetto. In altri frangenti invece si potrebbero prevenire guasti e rotture al compressore o al motore, captando problemi nel sistema di raffreddamento e avvisando di conseguenza l’utente. Potrebbe anche essere l’utente a causare un’anomalia energetica, per esempio, lasciando la porta aperta o inserendo alimenti troppo caldi.

Se queste azioni venissero riconosciute e clusterizzate, si potrebbe intervenire puntualmente con misure correttive in grado di salvaguardare il prodotto e ridurre il dispendio energetico di un elettrodomestico connesso h24 alla corrente di cui si ha solo una vaga stima sui consumi<sup>4</sup>. Non si ha nessuna conoscenza sul consumo effettivo del frigorifero in un ambiente reale/complesso come quello domestico e nell’interazione con gli utenti che lo utilizzano quotidianamente o con gli altri elettrodomestici a cui è connesso. Non è possibile generalizzare perché le abitudini di consumo e le condizioni domestiche variano in base a innumerose fattori e questo comporta che le risposte attualmente date in ottica di sostenibilità non siano realmente efficaci e contestualizzate. Lo studio condotto tuttavia risulta limitato poiché il prototipo utilizzato non era dotato di dispositivi in grado di identificare anomalie nei cicli standard. Per fornire una visione basata sui dati si sarebbe dovuta condurre una sperimentazione in più abitazioni, con diverse caratteristiche tipologiche e ambientali, e con l’impiego di algoritmi smart per la lettura dei risultati.

I dati sull’uso reale di un prodotto in più abitazioni potrebbero essere raccolti per un breve periodo, con un rivelatore ad hoc per l’esperimento, al fine di ottenere proiezioni sulla vita utile dell’apparecchio e sui tempi di sostituzione o aggiornamento dei componenti, al fine di ottenere i massimi valori in ottica di economia circolare. Il saggio, in questo caso, fornisce alcune linee guida e indicazioni per studi futuri che vogliono affrontare l’utilizzo di dati per una progettazione in ottica di estensione del ciclo di vita di un prodotto, facendo affidamento sulla tecnologia per i monitoraggi prolungati (Norman and Stappers,



**Fig. 3** | The design team involved in the development of connected new appliances.

**Fig. 4** | The network of stakeholders related to the development of connected new appliances.

**Fig. 5** | 3rd generation Nest Learning Thermostat considered to learn about user behaviour (source: store.google.com).

**Fig. 6** | 3rd generation Nest Learning Thermostat delivers a report each month and it can be monitored and controlled by the user through a smartphone (source: store.google.com).



**Fig. 7** | Winnow uses AI technology to reduce food waste in commercial kitchens (source: [www.winnowsolutions.com](http://www.winnowsolutions.com)).

**Fig. 8** | Food waste is detected using a camera and weight sensors connected to Winnow (source: [www.winnowsolutions.com](http://www.winnowsolutions.com)).

2016) e sull'individuazione di pattern (Fig. 14).

**Massimizzare la vita utile o ripensare l'oggetto?** | L'esperimento ha portato a testare le potenzialità dell'approccio ma richiederebbe indagini più lunghe con un campione esteso di abitazioni per avere una raccolta dati significativa. Isolare l'azione e clusterizzarla è essenziale per capire in che direzione muoversi e se un dato comportamento genera delle criticità. Ad esempio, serve informare l'utente su come agire per evitare lo spreco di risorse o l'usura di un componente? Si possono adottare misure correttive automatiche da parte del sistema prodotto? Si può agire a monte nella fase progettuale dove si è evidenziata una criticità nel funzionamento o nell'utilizzo?

Queste sono solo alcune delle domande a cui si può trovare risposta e sono ascrivibili a 4 strategie che hanno ricadute su tutto il ciclo di vita del prodotto: ripensare, adattare, prevedere e informare. Queste azioni rispondono a loro volta alle strategie dell'economia circolare (Potting et alii, 2017) riassunte in Figura 15, ovvero: (R0) rifiutare di produrre scarti a monte e componenti non necessari; (R1) ripensare le funzioni, mettendo in discussione l'utilità dell'oggetto stesso con le caratteristiche attuali; (R2) ridurre i materiali, gli impatti, i trasporti; (R3) riutilizzare i componenti in tempo per massimizzare il loro valore; (R4) riparare come ultima strategia, preferibilmente aggiornare, integrare e far evolvere il sistema prodotto e allungarne la vita utile. Abbiamo preso in considerazione solo le prime 5 azioni in ordine di priorità, in particolare quelle che prevedono un cambio di mentalità e sono ascrivibili alla fase progettuale (R0, R1), afferiscono alla fase progettuale con ricadute sulla fase di produzione (R2), prevedono di mantenere l'oggetto o i suoi componenti nella loro integrità, per non disperdere l'energia inglobata

nelle fasi precedenti, in ottica di scarto zero con ricadute sulla manutenzione ed eventualmente sulla rigenerazione (R3, R4).

La Tabella 1 mostra le relazioni tra le linee guida, la fase del ciclo di vita su cui s'incentrano e le strategie dell'economia circolare a cui rispondono. Le linee guida possono essere dettagliate come segue: i) Ripensare – ridisegnare i processi in modo da includere l'attività dell'utente per attivare azioni correttive sul prodotto, fino a ripensare totalmente l'oggetto e a metterne in discussione la forma e le dinamiche che attualmente genera; ii) Adattare – il prodotto potrebbe adattarsi al comportamento dell'utente e quindi costruire sistemi di apprendimento in grado di evolversi e cambiare con l'utente; iii) Prevedere – definire modelli di utilizzo per apportare modifiche specifiche al funzionamento del frigorifero, come ad esempio influire sui cicli di raffreddamento in base alle routine dell'utente; iv) Informare – avvisare l'utente quando si sperimentano anomalie energetiche, prevenendo guasti e consumi irregolari. La ricerca condotta mira quindi a evidenziare come queste strategie di sostenibilità siano perseguitabili in particolare grazie alla conoscenza dell'utente e dell'uso dei prodotti nei tempi e nei luoghi specifici, evitando generalizzazioni e standard poco flessibili.

**Limiti e sviluppi futuri** | Lo studio presenta un approccio non esaustivo ma percorribile se applicato a prodotti durevoli, la cui fase di utilizzo risulti particolarmente impattante e per i quali si voglia estendere la vita utile. Altri casi applicativi idonei a questo approccio possono essere i grandi elettrodomestici, i veicoli e più in generale tutti quegli oggetti con una vita utile intorno ai 10 anni che abbiano costi operativi rilevanti. Tuttavia, l'introduzione di tecnologia dovrebbe essere accompagnata da accurati studi sull'impatto ambientale e sulla valutazione dei costi, per assicurare che il progetto sia sostenibile sia dal punto di vista ambientale che economico. L'integrazione di sensori e la connettività degli oggetti devono essere scelte bilanciate con un reale risparmio e con un'effettiva riduzione dell'impatto sul lungo periodo. Per simulare la fase di utilizzo, in coerenza con quanto descritto sulla variabilità d'uso, l'LCA non è lo strumento più efficace.<sup>5</sup>

Questo studio prevede che in futuro vengano condotte simulazioni ulteriori per paragonare il sistema produttivo lineare attuale (la produzione di un frigorifero con una vita utile approssimativa di 14 anni e un fine vita che prevede il riciclo nei centri di smaltimento) con il modello sistemico proposto. Lo studio, come anticipato, dovrà essere supportato dalle analisi sugli utenti e sui dati in modo automatizzato, che saranno in grado di validare o confutare le ipotesi presentate.

**Conclusioni** | Il saggio intende fornire una visione allargata sul tema dello sviluppo di prodotti sostenibili a partire dalla modalità con cui effettuare l'analisi quali/quantitativa sugli utenti, grazie all'impiego di un approccio sistemico e all'uso di prototipi. Si indaga uno specifico prodotto domestico, il frigorifero, attraverso un caoso studio applicativo strumentale per discutere

le implicazioni progettuali di un approccio basato sui dati. Il ragionamento potrebbe essere esteso ad altri prodotti, partendo da analisi approfondite in modo analogo, individuando una serie di parametri che, se monitorati, possono avere ricadute progettuali, generando miglioramenti dal punto di vista degli impatti ambientali. La progettazione di ambienti domestici sostenibili è quindi una pratica possibile attraverso un approccio di Design Sistemico supportato dalla raccolta di informazioni autentiche sugli utenti e sui luoghi in cui abitano. Si tratta di un approccio che consente di gestire la complessità e il passaggio dal micro al macro e viceversa, per un reale impatto sui comportamenti e quindi sulla sostenibilità del singolo individuo (micro) all'interno di una società/territorio (macro).

Attraverso la sperimentazione presentata s'intende far leva sull'uso dei prototipi IoT per portare a un miglioramento dei prodotti attuali e allo sviluppo di nuovi. Si propone l'uso dei dati come parte naturale del flusso di lavoro del progettista e del produttore, per comprendere meglio gli utenti e, a seguire, i prodotti e i servizi (Interana, 2015), attraverso l'acquisizione quantitativa dei dati (sensori) e l'uso di strumenti qualitativi (feedback, questionari, interviste). Ciò potrebbe portare a migliorare i prodotti attuali o a rendere più efficiente la manutenzione attraverso il monitoraggio proattivo, il controllo remoto e la manutenzione predittiva. Inoltre, si potrebbero fornire informazioni significative per l'utente portandolo a risparmiare, grazie all'interazione con altri dispositivi connessi o con i fornitori di servizi. O, ancora, una visione sistemica sui requisiti e sui dati potrebbe portare allo sviluppo di sistemi incentrati su nuovi modelli di business in ottica di economia circolare.

---

In the last few decades and after numerous experiments, pervasive technologies, based on the Internet of Things (IoT), on Artificial Intelligence and Machine Learning, have found a real application, which has led to new ways of managing information and new forms of knowledge. The ability to process mega data through algorithms and the ability to learn from them, have given rise to possible but as yet largely unexplored future scenarios. These technologies can be used to draw up user-profiles and behaviours, and through their use, valuable details and a wealth of qualitative and quantitative information can be used to define requirements<sup>1</sup> and gather data which, if used properly and ethically, can become a tool to support designers in the design of the radically new Product Service Systems (PSS), especially in the field of environmental sustainability (Ramasdoss, Alam and Seeram, 2018; Sonetti, Naboni and Brown, 2018; Ghoreishi and Happonen 2019; Ellen MacArthur Foundation, 2019; Vinueza et alii, 2020). In the same way, they can facilitate designing at different scales, and support the transition from a micro scale, which is achieved through the acquisition of more and more specific and punctual knowledge, to a macro scale, through an inverse process of abstraction, moving from the particular to the

general. In this essay, we attempt to investigate the pre-design phase, through a holistic survey, in which the discovery of the requirements and their specifications are included, building upon the debate that began in the 1960s, in the decade that Richard Buckminster Fuller defined as the 'design science' era (Cross, 2008).

The movement, which is represented by the so-called 'design methodologists', including John Christopher Jones, Christopher Alexander, Geoffrey Broadbent, Bruce Arche and Gary Moore (Conley, 2004), sought to structure the design process<sup>2</sup> and was thus the initiator of the structured management of design requirements. The discovery of design requirements is a topic that is common to many disciplines, apart from the design and architecture fields, although each discipline faces the challenge from an individual and different perspective and through the use of different tools, including mapping, representation and the elaboration of models, to name just a few.

In the design field, the debate on the requirements started with the works of Giuseppe Ciribini (1984) and Enzo Fratelli. This debate is still ongoing and it underlies the performance methodology adopted in many Italian Design Schools to structure the decision-making process and the analysis of scenarios in the initial stages of a design process (Germak and De Giorgi, 2009). Since design requirements are the expression of the values of a system, they need to be structured and investigated in great detail according to certain fundamental steps, which allow them to be identified, described through models and hierarchies, validated and managed over time. By combining the categorizations provided by Cheng and Atlee (2009) and Hansen, Berente and Lyttinen (2009), we have obtained a tool, whose main and secondary steps are summarized in Figure 1, which can be used to manage the requirements of different actors. Considering the complexity of PSS and their effects on economic, environmental and social aspects, it is necessary to rethink the concept of 'user-as-a-target', and to promote a broader idea of 'network of stakeholders' or specific project actors, to consider the numerous effects that a product can have during its lifetime.

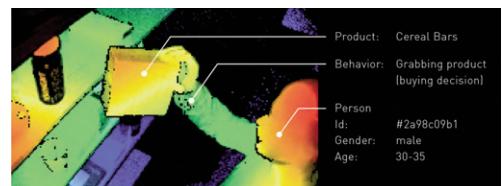
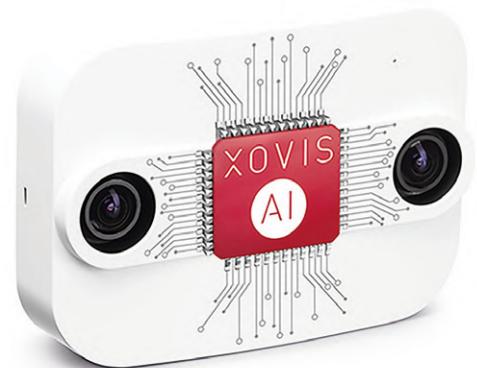
**The role of stakeholders and transdisciplinary skills** | Pre-design refers to the numerous activities that take place during the exploratory phase, which are essential to collect the different pieces of information that are useful for design purposes and to establish the values that a project should convey. We have relied on a well-known visualization, without claiming to have selected the only possible design process, by choosing the first two modules of the Design Thinking process developed by Standford University (Fig. 2), which were conceived in a simplified way to allow anyone to understand the design process (Carter, 2016). Several methods are available for the investigation phase, including ethnographic research, the definition of alternative scenarios, brainstorming and focus groups, together with rough prototyping, which are effective in es-

tablishing a common understanding and communication basis (Hansen, Berente and Lyttinen, 2009). However, all these investigation methods tend to be informal and intuitive in facilitating early feedback from the stakeholders (Cheng and Atlee, 2009).

In the case of designing complex systems, this exploratory phase is multifaceted and is mainly articulated because of the difficulties involved in identifying the direct and indirect actors that will be influenced by the system itself. These actors are unique and particular figures who depend, among others, on the boundaries established for the system being considered: they cannot be generalized, and only their correct identification allows one to proceed in the right direction. Complexity results in a continuous change of contexts, constraints and functionality, which requires multidisciplinary teams (Berente, Hansen and Lyttinen, 2009), who must have considerable skills and expertise to meet the requirements of all the interested parties. For this type of project, it is no longer possible to refer to the work of a single illuminated designer. Complexity goes hand in hand with the contamination of knowledge to tackle a specific node of the system. Defining both the design team and the network of stakeholders is a project-specific operation, and it depends totally on the product or service that has to be developed.

In the design of systems, it cannot be expected that all the requirements will be known before the construction of the system itself, as they will continue to change over time. Design decisions will be made in response to new knowledge and understanding of the requirements (Lyttinen et alii, 2009). 'Problem understanding' and the 'design proposal' should evolve together as two inseparable, intertwined activities that co-constitute each other (Westervlund and Wetter-Edman, 2017). Furthermore, the evolution of the requirements is affected by the evolution of technology, but also by the evolution of the socio-cultural context (De Risi, 2001).

**Co-Designing and the role of designers in complex situations** | Designers, therefore, play an important role in the mediation of the conflicting requirements, values, roles and goals of the involved actors, while keeping control of the system. For large-scale systems, design can be considered an 'interdisciplinary negotiation' rather than the planning of a perfectly stable system, which results in an emerging, unpredictable behaviour that differs from those of individuals. Participatory Design – which is better known as Co-Design – can provide an answer, as it favours the participation of potential users in design decisions that can influence their lives; the use of methods and tools enables covert or subconscious user needs to be revealed, thereby highlighting their practical and contextual knowledge (de Bont et alii, 2013). According to Sanders and Stappers (2008), the application of Participatory Design practices to large-scale problems, during the design process as well as in all the key moments of the decision process, may change the design and therefore change the world.



**Fig. 9, 10** | AI-powered Xovis 3D sensors detect when a person takes an article from a shelf (source: [www.xovis.com](http://www.xovis.com)).

Mink (2016) and de Bont et alii (2013) pointed out the positive impacts of user involvement in the design process. The knowledge of the requirements and the active involvement of users should lead to an improvement in the accessibility and acceptance of the PSS, enhance user satisfaction and reduce the number of design iterations, and therefore the development times and costs. Opening up the innovation process to society certainly introduces benefits, but also involves certain risks that cannot be ignored. Indeed, the involvement of the user alone does not guarantee the identification of all the relevant aspects and may lead to failure when the people involved are not suitable for the participated process, with the risk of wasting economic resources and time. The choice of a suitable co-designing panel is not trivial and can require a great deal of effort by the designers.

In each co-design process, the designer's guidance is mandatory to involve the interested parties in the creation of valuable new products. Designers 'make the difference' in co-design processes because they can work with the parts/details and the whole, simultaneously as well as separately (Westervlund and Wetter-Edman, 2017), and become strategic figures in managing systems at the larger scope and complexity levels. Sanders and Stappers (2008) introduced the idea of the designer as a creative facilitator, who is able to mediate interactions between people who have different levels of knowledge, skills and creativity. The two scholars underlined the importance of the designer as a domain expert in the development of a project, and in creating new tools to develop a Co-Design process to support collective creativity. It is, therefore, possible to say that designers provide another way of thinking; they are 'good at' problem setting and problem definition and they have the mental structure that allows them to deal with incomplete information without becoming stuck.

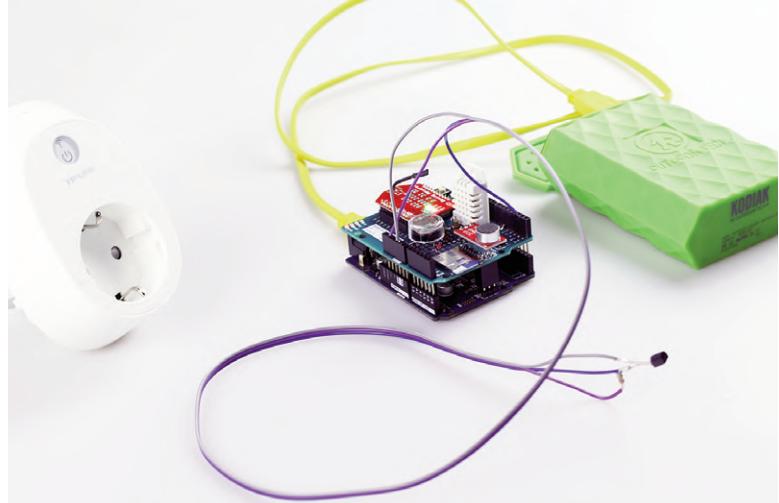
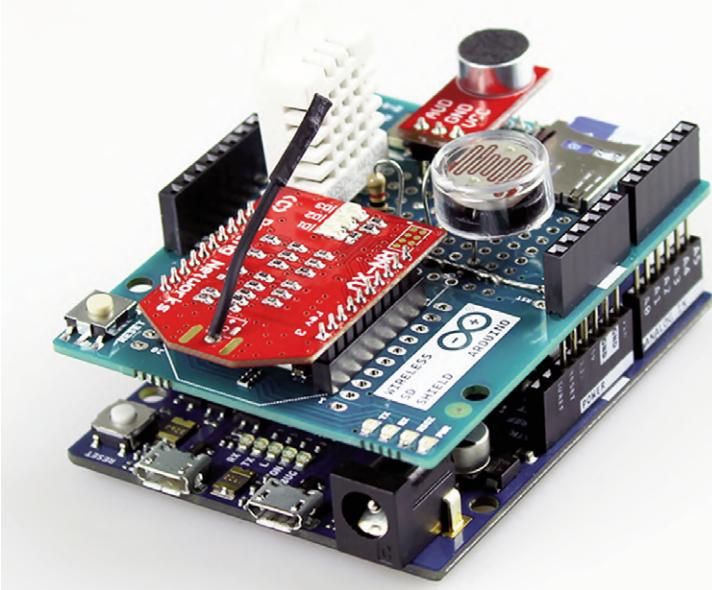


Fig. 11 | Arduino Zero with Wireless SD Proto Shield and sensors.

Fig. 12 | Prototype and the smart plug.

As a result of selection and training, most designers are good at visual thinking, conducting creative processes, finding missing information, and at being able to make necessary decisions in the absence of complete information (Sanders and Stappers, 2008).

Therefore, the need arises, for the design of sustainable complex systems, to formulate a hybrid model that uses co-design processes in which not only users and stakeholders are involved but also various interdisciplinary scientific and professional figures. For the case presented hereafter, which is related to the design, production and use of a refrigerator appliance, we have attempted to draw up a network of actors that could be involved (Figg. 3, 4). It is important to set up a dialogue and interaction between parties by effectively managing the activities within a system. Identifying one or more common goals, which are not in conflict with each other, allows skills to be effectively combined and thus requirements and values to be negotiated.

**Designing complex systems** | «The hardest part of designing complex systems is not knowing how to design them» (Berente, Hansen and Lyytinen, 2009, p. 6). Nevertheless, a systemic vision that is capable of relating the various components in a fluid, dynamic and only partially predictable way is required. A new challenge to design is that future systems and the artifacts connected to them should be able to accommodate this degree of malleability and fluidity, which – as suggested by Berente, Hansen and Lyytinen (2009, p. 6) – can pass «[...] through practices such as co-design with users or developing toolkits for user customization, but can also involve intelligent agents that learn from usage, dynamically evolving artifacts, or user generated artifacts». Designers will be required to increasingly deal with the post-development fluidity of a product, in a completely different way from in the past. The requirements should, therefore, be adaptable and accommodate the continuous evolution of the artifact, even after implementation (Hansen, Berente and Lyytinen, 2009).

In the discussion of complex systems, Systemic Design (SD) provides a holistic approach to help designers to manage all the parts of a system, by considering multiple requirements, while focusing on the environmental aspects and the impact on both the economy and society as a whole. SD helps to manage the scale of details, from mega to nano, and vice versa, and all the relevant aspects, including the network of relationships that is established between the interested parties and between them and the environment (Bistagnino, 2016). In terms of sustainability, the transition from mega to nano is fundamental to measure the impacts of a single product in relation to a system, which is achieved by studying all the components and their functions, but also by analyzing the interactions that are generated with individuals. Thus, we return to the mega aspect, i.e. the design of a PSS which is focused more on sustainability, and which is capable of simplifying the daily life of people and their actions. The contribution of SD is that it offers the ability to manage complexity through analysis at different levels and times (changes in scale), and highlights the inefficiencies of current products and transforms them into products with other features and meanings.

To this end, the benefits of using IoT indicators to collect information that is missing on a product, and/or on its use and monitoring have been considered. The result is access to a more precise and less informal form of knowledge, which is suitable for defining the pre-design phases of sustainable new projects, which we will attempt to demonstrate through the experiment described as the 'refrigeration case study' presented hereafter. Moreover, Artificial Intelligence (AI) may be applied to the complex task of redesigning entire networks and systems, but this requires both a close collaboration between the stakeholders, which is in contrast with their traditional competitive role and a certain degree of supervision to support these systemic applications.

**Learning systems** | Some technological systems are now able to predict and handle a cer-

tain degree of uncertainty, as dictated by unpredictable user behaviours or unanticipated environmental conditions (e.g. power outages, security threats) (Cheng and Atlee, 2009). In the same way, it is also possible to assume that these systems can also handle variable, uncertain, incomplete and evolving requirements. These tasks go beyond the computational skills of an individual and may, therefore, be delegated to technology to obtain the first interpretation. The potential of these tools also includes performance optimization (e.g. energy performances) to change operational profiles dynamically – i.e. the people who interface with the device – or adapt during operation to new environmental conditions or to new requirements that had not been anticipated during the development (Cheng and Atlee, 2009).

A case study in this direction is the Google Nest thermostat (Figg. 5, 6) which can modulate heating according to the habits and preferences of the users, by learning and self-programming, and providing a monthly report to the user, who is then able to compare the consumptions and understand how to improve energy efficiency with just a few small changes<sup>3</sup>. This device is one of the examples to date that combines adaptability, based on real-consumption data, and a reduction of the environmental impacts. The product has undergone an evolution over time, starting from the learning of the habits of users and satisfying their thermal comfort, while optimizing consumption, up to dialogue, in the latest versions, with energy suppliers to negotiate the price to avoid energy peaks (Kanellos, 2016). This task would not only be time-consuming for an individual but also practically impossible.

GoPro is another example of a company that has used data to improve their products and to learn from how users interact with such products (Ramadoss, Alam and Seeram, 2018). Information is retrieved indirectly, by analyzing user behaviour; the company is thus able to access the unexplored, or tacit requirements of the users and design new products, thus improving usability and performance. Design knowledge often resides in products themselves (Jonas,

2007), because they constitute an engineered and tangible base from which to start an in-depth analysis. Devices are the means through which it is possible to explore, propose and create knowledge that has to be transferred; they help to set up a dialogue between designers and the final users (de Bont et alii, 2013). Winnow (Figg. 7, 8) is a learning system that uses artificial vision and food recognition to help reduce food waste in the catering sector. It can be used to acquire data and to track and classify waste. After training, the algorithms automatically recognize wasted food, thus saving time for the staff, who do not have to enter data manually. Well-designed and trained AI algorithms are very powerful and adaptable; however, these systems always depend on the quality and intensity of the training.

Xovix (Figg. 9, 10) is a 3D location sensor, based on AI, which is used in the retail sector to acquire real-time data of people as they move within a building (Gyger, 2018). These sensors are predictive: they foresee a person's movement from one image frame to the next and they function even when the sensors do not have an uninterrupted view on a person. In the era of experimenting with more and more automated stores, as in the case of the cashier-free Amazon Go store, AI-powered 3D sensors can detect when a person takes an article from a shelf, puts it back or makes a buying decision and therefore follows him/her to the exit. The examples that have been mentioned are not intended to be exhaustive, but only to show the potential of prototypes that make use of digital technologies for specific design purposes, or to improve performance, and on occasion with a view of environmental sustainability.

**The 'refrigerator' case study** | The use of IoT and AI in the domestic environment has already been observed through the introduction of voice assistants, Wi-Fi cameras and integrated home automation systems, which make the use of the information flows generated by the systems acceptable and actionable at different levels for future design purposes. However, data do not constitute a form of intelligence per se. The designer is called upon to make sense of them, by choosing what information will be useful in the design phase to make intelligent products for domestic spaces. Furthermore, we here emphasize the need for a new role of the designer, in cooperation with manufacturers, in planning accurate data collections, that is a role of interpreting and visualizing data to obtain a body of useful information for new more functional and sustainable PSS projects.

This process would generate a form of design iteration, which, through a snowball effect, and being full of information, could be used by designers, companies and stakeholders to improve and innovate, both incrementally and radically, products already on the market. This practice, if properly conducted, while respecting the code of ethics on the use of data, could lead to products being designed that meet the actual needs of the user, but at the same time taking into account environmental issues that are difficult to address in a univocal and global-

ized way. This practice would help, among others, to consider an increasing number of actors and therefore consider the requirements that are useful in decision-making and in new product development or new typologies.

We decided to analyze the domestic context as an application case study, considering the house as a system that can be observed at different levels of detail. We decided to focus on a refrigerator through an experiment that included the continuous monitoring of some physical parameters for a time, to understand the dynamics that revolve around this appliance in the home environment, and to investigate the impacts at three levels: i) redesigning a refrigerator; ii) redesigning a home routine in which the refrigerator plays a key role in managing meals; iii) designing new business models that do not involve product ownership.

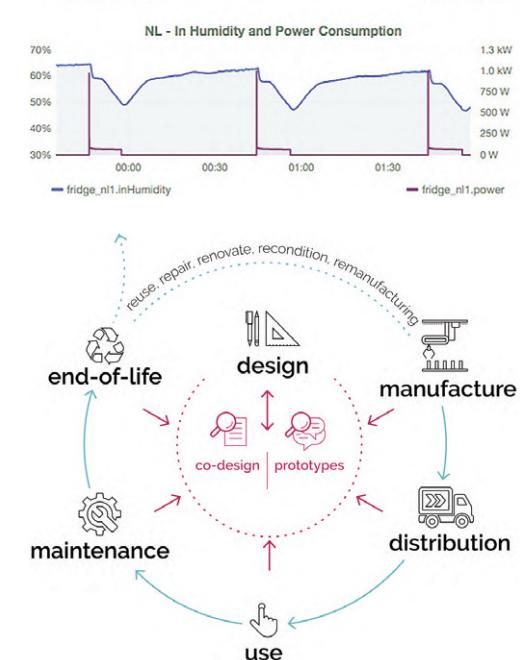
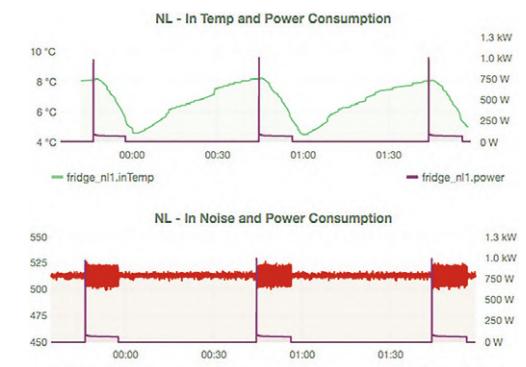
For this experiment, a prototype detector was introduced into a refrigerator (Figg. 11, 12) and it was used to collect information related to light, humidity, and the internal and external temperatures. When the door opened, the light turned on and it was possible to evaluate the interaction between the user and the appliance. Power consumption was measured using a smart plug positioned outside the fridge, which collected data every second, thereby providing us with a footprint of this appliance, which was characterized by an oscillating trend with alternating phases of activity and inactivity that were easily recognizable (Fig. 13). When the user did not open the refrigerator door for a long time, this cycle became stabilized in a standard cycle. Broad conclusions can be drawn from an analysis of the data, thus highlighting how the acquired knowledge can be used to produce indicators to detect anomalies and/or carry out predictive maintenance or generate models that are capable of directly influencing the redesigning of the product.

For example, a refrigerator would be able to recognize anomalies in the inside temperature: when it heats up faster than expected, it could mean that the gasket is not insulated effectively. Excessive humidity might indicate, for example, the need to clean the appliance. Moreover, in other situations, it could lead to the prevention of breakdowns and breakages of the compressor or the engine, the identification of problems in the cooling system, and it could notify the user accordingly. The user could also be responsible for an energy anomaly, for example, as a result of leaving the door open or introducing warm food.

If it were possible to recognize and cluster these actions, corrective measures could be taken in time to safeguard the products and reduce the energy consumption of a household appliance connected to the power source 24 hours/day, of which, at present, the user only has a rough idea of the consumption<sup>4</sup>. In fact, no evidence is currently available on the actual consumption of a refrigerator in a real/complex environment, such as a home, or on the effects that the interaction with different users, who use the fridge every day in a different manner, or the interaction with the other appliances to which it is connected, could have. However, it is not possible to generalize,

because consumer habits and domestic conditions can vary because of many different factors, which means that the answers that have been given so far, in terms of sustainability, are not effective or contextualized. However, the conducted study is somewhat limited, since the used prototype was not equipped with devices capable of identifying anomalies in standard cycles. To obtain a data-driven perspective, this experimentation would need to have been carried out in several homes, with different typological specifications and environmental characteristics, while benefiting from the use of smart algorithms to read the results.

Real-use data about a specific product could be collected over a short period in several homes at the same time, with an ad hoc built detector, to make accurate projections on the expected life of the appliance, and on when it is advisable to replace or upgrade components to obtain the maximum value, with a view toward a circular economy. In this regard, the essay provides some guidelines and indications for future studies to address the use of data for designing purposes to extend the life cycle of a product, while relying on technology for both prolonged monitoring (Nor-



**Fig. 13** | Monitoring of the power consumption of one refrigerator over 12 hours.

**Fig. 14** | From the lifecycle to new insights for the design phase, based on the design requirements.

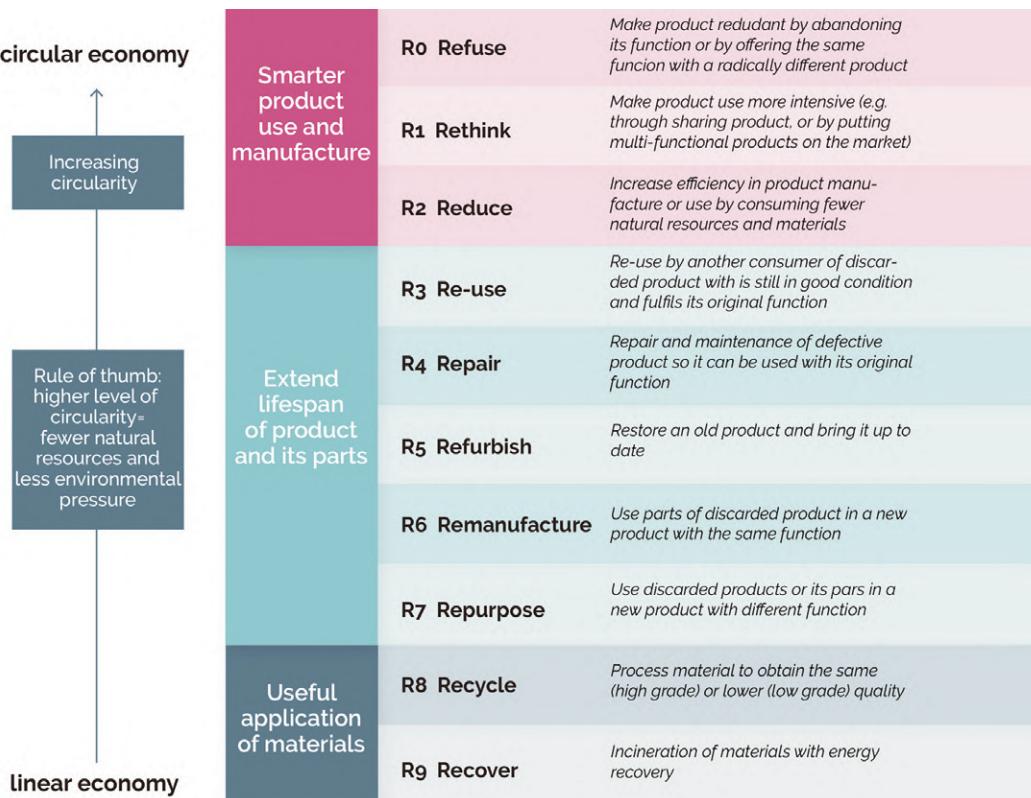


Fig. 15 | Circularity strategies within the production chain, in order of priority (credit: Potting et alii, 2017).

Guideline	Life-cycle	CE Strategy
Rethinking	Design	Rethink (R1)
Adapting	Use	Reduce (R2) Re-use (R3) Repair (R4)
Predicting	Use, maintenance	Refuse (R0) Reduce (R2) Repair (R4)
Notifying	Use, maintenance	Reduce (R2) Repair (R4)

Table 1 | Proposed guidelines, the related life cycle phase and the addressed circular economy strategy.

man and Stappers, 2016) and the identification of patterns (Fig. 14).

**Maximizing the useful life of a product or rethinking it?** | The experiment led to the potential of this approach being tested. However, longer investigations on a larger sample of homes would be necessary to obtain a significant data collection. Isolating the action and clustering it is fundamental to understand in which direction to proceed and to assess whether a certain behaviour is likely to generate critical issues. For example, is it useful to inform the end-users on how to avoid wasting resources or wearing out the components of an appliance? Can PSS take automatic corrective measures? Can we act upstream during the design phase whenever a system experiences a critical issue during operation or use?

These are only some of the questions that need to be answered and which are attributable to 4 strategies that have an impact on the entire life cycle of a product: rethinking, adapting, predicting and notifying. These actions, in turn, respond to circular economy strategies (Potting et alii, 2017), as summarized in Figure 15,

that is: (R0) refusing to produce upstream waste and unnecessary components; (R1) rethinking the functions, questioning the usefulness of the product itself with its current features; (R2) reducing materials, impacts and transport; (R3) reusing components in time to maximize their value; (R4) repairing a product, as a last resort, and preferably updating, integrating and evolving the PSS by extending the useful life of the product. We have only considered the first 5 actions in order of priority, focusing on those measures that can induce a change in mentality, are attributable to the design phase (R0 and R1), pertain to the design phase, with repercussions on the production phase (R2), or preserve the integrity of the entire object and/or its components, thus avoiding a waste of the energy embedded in the previous phases, in an attempt to achieve zero waste with a positive impact on maintenance and possibly on regeneration (R3, R4).

Table 1 shows the relationships between the guidelines, the lifecycle phase they refer to and the circular economy strategy they are intended to address. The guidelines can be detailed as follows: i) Rethinking – redesigning pro-

cesses to include the users' activities, activate corrective measures, and eventually arriving at a total rethinking of the product, thereby questioning its current shape and the dynamics it generates; ii) Adapting – the product could be adapted to take into consideration the users' behaviour, and learning systems that can evolve and change with the user should be built; iii) Predicting – defining use patterns to make specific changes to the operation of the refrigerator, such as changing the cooling cycles based on user routines; iv) Notifying – alerting the user when energy anomalies are underway, thereby preventing breakdowns and irregular consumptions. The aim of the conducted research has therefore been to highlight how these sustainability strategies can be pursued, as a result of the knowledge gained on users and their use of products at specific times and in specific contexts, while avoiding generalizations and inflexible standards.

**Limits and future developments** | This study presents a non-exhaustive but viable approach that could be applied to durable products whose use phase has a strong impact on the environment, and for which it is, therefore, desirable to extend their useful life as long as possible. Other applications this approach could be used for include large appliances, vehicles and, more generally, all those products with an estimated life of around 10 years which have significant operating costs. However, the introduction of technology should always be accompanied by accurate studies on the environmental impact of such a project and an evaluation of the costs, to ensure that the project is sustainable from an economic and environmental point of view. The integration of sensors and connectivity should be counterbalanced by real savings and an effective, long-term reduction of impacts. Because of the variability in use mentioned above, an LCA cannot be considered as the most effective tool to simulate the use phase.<sup>5</sup>

This study needs further simulations to compare the impact of the current linear production system (which consist of manufacturing a refrigerator with an approximate lifetime of 14 years and its end of life being managed in recycling facilities) with the here proposed systemic model. This study, as anticipated, should be supported by an automated analysis of the users and user data, which could eventually be used to validate or refute the presented hypotheses.

**Conclusions** | This essay is an attempt to provide a broad view of the topic of developing sustainable products, starting from how the qualitative/quantitative analysis of the users should be performed, using the systemic approach combined with the use of prototypes. We investigated a specific household product, a refrigerator, through an application case that was instrumental in studying and discussing the design implications of a data-driven approach. This reasoning could be extended to other products, starting from similar in-depth analyses, by identifying a series of parameters that, whenever monitored, may have design conse-

quences, and lead to improvements in the environmental impacts of such products. The design of a sustainable home environment is, therefore, possible through the application of a Systemic Design approach supported by the collection of real information about the users and the places in which they live. This approach makes it possible to manage the complexity and the transition from micro to macro, and vice versa, thereby introducing a real impact on the behaviour of the users and therefore on the sustainability of the individual citizens (micro) within a society/territory (macro).

## Acknowledgements

The contribution, resulting from a common reflection, is to be attributed in equal parts to Authors.

## Notes

1) The design requirements represent a bridge between what stakeholders want and suppliers can design and build. More simply, they represent the link between analysis and system design, that is between problems and solutions (Bergman, 2009); so, we can define requirements as the translation of needs into design performance.

2) This approach has in some ways been proved to be too rigid, as it results in the schematization and resolution of perfectly structured and, therefore, unreal problems. Most of the situations that require a design intervention are instead characterized by complex situations, which are interrelated and difficult to trace back to a logical framework (Jones, 1977). Later, some design methodologists detached themselves from the rigid framework proposed in the design methods.

3) For further information, consult the website: [nest.com/eu/savings](http://nest.com/eu/savings) [Accessed 3 March 2020].

4) The energy class and the kWh/annum indicated on the energy label refer to a test carried out on a refrigerator kept closed in a controlled environment.

5) LCA analysis is a very accurate tool to simulate the production phase. However, it does not allow a complete view to be obtained of the use phase, the effect on energy saving, the positive effects expected from extending the useful life of the product or its components, or of the modelling of the alternative end of life scenarios when they become parts of new production cycles.

## References

- Berente, N., Hansen, S. and Lyytinen, K. (2009), "High Impact Design Requirements – Key Design Challenges for the Next Decade", in Lyytinen, K., Loucopoulos, P., Mylopoulos, J. and Robinson, B. (eds), *Design Requirements Engineering – A Ten-Year Perspective*, Springer, Heidelberg, pp. 01-10.
- Bergman, M. (2009), "Requirements' Role in Mobilizing and Enabling Design Conversation", in Lyytinen, K., Loucopoulos, P., Mylopoulos, J. and Robinson, B. (eds) (2009), *Design Requirements Engineering – A Ten-Year Perspective*, Springer, Heidelberg, pp. 44-87.
- Bistagnino, L. (2016), *Systemic Design – Designing the production and environmental sustainability*, Slow Food Editore, Bra (CN).
- Carter, C. (2016), *Let's stop talking about THE design process*. [Online] Available at: [medium.com/stanford-d-school/lets-stop-talking-about-the-design-process-7446e52c13e8](https://medium.com/stanford-d-school/lets-stop-talking-about-the-design-process-7446e52c13e8) [Accessed 3 March 2020].
- Cheng, B. H. C. and Atlee, J. M. (2009), "Current and Future Research Directions in Requirements Engineering", in Lyytinen, K., Loucopoulos, P., Mylopoulos, J. and Robinson, B. (eds), *Design Requirements Engineering – A*
- The presented experimentation is aimed at leveraging on the use of IoT prototypes to attain an improvement in the current products and the development of new ones. The use of data is proposed as a natural part of the designer's and manufacturer's workflows, to better understand the behaviour of the users and, subsequently, the products and services (Interana, 2015), through the quantitative acquisition of data (through the sensors) and the use of qualitative tools (feedback, questionnaires, interviews). This could lead to the current products being improved or to making the maintenance operations more efficient through proactive monitoring, remote control and predictive maintenance. Furthermore, significant information could be made available to the user, which in turn would allow him/her to save money, thanks to an interaction with other connected devices or with service providers. Alternatively, a systemic view of the requirements and data could lead to systems focused on new business models being developed with a view to a circular economy.
- Ten-Year Perspective*, Springer, Heidelberg, pp. 11-43.
- Ciribini, G. (1984), *Tecnologia e progetto – Argomenti di cultura tecnologica della progettazione*, Celid, Torino.
- Conley, C. (2004), "Where are the design methodologists?", in *Visible Language*, vol. 38, n. 2, pp. 196-215.
- Cross, N. (2008), *Engineering Design Methods – Strategies for Product Design*, 4th edition, John Wiley and Sons, Chichester.
- de Bont, C., den Ouden, E., Schifferstein, R., Smulders, F. and van der Voort, M. (eds) (2013), *Advanced design methods for successful innovation – Recent methods from design research and design consultancy in the Netherlands*, Design United, Den Haag. [Online] Available at: [pure.tue.nl/ws/portalfiles/portal/3823843/568542308092309.pdf](https://pure.tue.nl/ws/portalfiles/portal/3823843/568542308092309.pdf) [Accessed 12 March 2020].
- De Risi, P. (2001), *Dizionario della qualità – 900 termini ed espressioni del linguaggio della Qualità*, Il Sole 24 Ore, Milano.
- Ellen MacArthur Foundation (2019), *Artificial Intelligence and the Circular Economy – AI as a tool to accelerate the transition*. [Online] Available at: [www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/Artificial-intelligence-and-the-circular-economy.pdf](https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/Artificial-intelligence-and-the-circular-economy.pdf) [Accessed 3 March 2020].
- Germak, C. and De Giorgi, C. (2008), "Design dell'esplorazione (Exploring Design)", in Germak, C. (ed.), *Uomo al centro del Progetto – Design per un nuovo umanesimo / Man at the Centre of the Project – Design for a New Humanism*, Umberto Allemandi and C., Torino, pp. 53-70.
- Ghoreishi, M and Happonen, A. (2019), "Key Enablers for Deploying Artificial Intelligence for Circular Economy Embracing Sustainable Product Design: Three Case Studies", in *Proceedings of the International Engineering Research Conference – 13th EU-RECA 2019*, AIP Publishing, pp. 1-17. [Online] Available at: [www.researchgate.net/publication/337170902\\_Key\\_Enablers\\_for\\_Deploying\\_Artificial\\_Intelligence\\_for\\_Circular\\_Economy\\_Embracing\\_Sustainable\\_Product\\_Design\\_Three\\_Case\\_Studies/stats](https://www.researchgate.net/publication/337170902_Key_Enablers_for_Deploying_Artificial_Intelligence_for_Circular_Economy_Embracing_Sustainable_Product_Design_Three_Case_Studies/stats) [Accessed 12 March 2020].
- Gyger, C. (2018), *Sense the AI revolution – How AI-powered 3D sensors boost in-store analytics*. [Online] Available at: [www.xovis.com/fileadmin/dam/documents/Xovis-white-paper-sense-the-AI-revolution.pdf](https://www.xovis.com/fileadmin/dam/documents/Xovis-white-paper-sense-the-AI-revolution.pdf) [Accessed 15 March 2020].
- Hansen, S., Berente, N. and Lyytinen, K. (2009), "Requirements in the 21st Century: Current Practice and Emerging Trends", in Lyytinen, K., Loucopoulos, P., Mylopoulos, J. and Robinson, B. (eds), *Design Requirements Engineering – A Ten-Year Perspective*, Springer, Heidelberg, pp. 44-87.
- Interana (2015), *Creating a Design Driven Data Product*. [Online] Available at: [www.interana.com/blog/creating-a-design-driven-data-product](https://www.interana.com/blog/creating-a-design-driven-data-product) [Accessed 17 March 2020].
- Jonas, W. (2007), "Design Research and its Meaning to the Methodological Development of the Discipline", in Michel, R. (ed.), *Design Research Now – Essays and Selected Projects*, Birkhauser, Basel, pp. 187-206. [Online] Available at: [campus.burg-halle.de/id-neuwerk/244886](https://campus.burg-halle.de/id-neuwerk/244886) [Accessed 4 March 2020].
- Kanellos, M. (2016), *Hold the Laughter – Why the Smart Fridge Is a Great Idea*. [Online] Available at: [www.forbes.com/sites/michaelkanellos/2016/01/13/hold-the-laughter-why-the-smart-fridge-is-a-great-idea/#59db737d7d40](https://www.forbes.com/sites/michaelkanellos/2016/01/13/hold-the-laughter-why-the-smart-fridge-is-a-great-idea/#59db737d7d40) [Accessed 15 March 2020].
- Lyytinen, K., Loucopoulos, P., Mylopoulos, J. and Robinson, B. (eds) (2009), *Design Requirements Engineering – A Ten-Year Perspective*, Springer, Heidelberg.
- Mink, A. (2016), *Designing for Well-Being – An Approach for Understanding Users' Lives in Design for Development*, Doctoral Thesis – Delft University of Technology, Delft Academic Press. [Online] Available at: [doi.org/10.4233/uuid:264107d4-30bc-414c-b1d4-34f48a6da6d8](https://doi.org/10.4233/uuid:264107d4-30bc-414c-b1d4-34f48a6da6d8) [Accessed 15 March 2020].
- Norman, D. A. and Stappers, P. J. (2016), "DesignX: Complex Sociotechnical Systems", in *She Ji – The Journal of Design, Economics, and Innovation*, vol. 1, issue 2, pp. 83-106. [Online] Available at: [dx.doi.org/10.1016/j.sheji.2016.01.002](https://dx.doi.org/10.1016/j.sheji.2016.01.002) [Accessed 4 March 2020].
- Potting, J., Hekkert, M., Worrell, E. and Hanemaaijer, A. (2017), *Circular Economy – Measuring Innovation in the Product Chain*, Policy Report, PBL Netherlands Environmental Assessment Agency, The Hague. [Online] Available at: [www.pbl.nl/sites/default/files/cms/publicaties/pbl-2016-circular-economy-measuring-innovation-in-product-chains-2544.pdf](https://www.pbl.nl/sites/default/files/cms/publicaties/pbl-2016-circular-economy-measuring-innovation-in-product-chains-2544.pdf) [Accessed 15 December 2019].
- Ramadoss, T. S., Alam, H. and Seeram, R. (2018), "Artificial Intelligence and Internet of Things enabled Circular Economy", in *The International Journal of Engineering and Science*, vol. 7, issue 9, pp. 55-63. [Online] Available at: [www.theijes.com/papers/vol7-issue9-Version-3/10709035563.pdf](https://www.theijes.com/papers/vol7-issue9-Version-3/10709035563.pdf) [Accessed 4 March 2020].
- Sanders, E. B.-N. and Stappers, P. J. (2008), "Co-creation and the new landscapes of design", in *CoDesign*, vol. 4, issue 1, pp. 5-18. [Online] Available at: [doi.org/10.1080/15710880701875068](https://doi.org/10.1080/15710880701875068) [Accessed 4 March 2020].
- Sonetti, G., Naboni, E. and Brown, M. (2018), "Exploring the Potentials of ICT Tools for Human-Centric Regenerative Design", in *Sustainability*, vol. 10, issue 4, article 1217, pp. 1-14. [Online] Available at: [doi.org/10.3390/su10041217](https://doi.org/10.3390/su10041217) [Accessed 18 February 2020].
- Vinuesa, R., Azizpour, H., Leite, I., Balaam, M., Dignum, V., Domish, S., Felländer, A., Langhans, S. D., Tegmark, M. and Fuso Neri, F. (2020), "The role of artificial intelligence in achieving the Sustainable Development Goals", in *Nature Communications*, vol. 11, article 233, pp. 1-10. [Online] Available at: [doi.org/10.1038/s41467-019-14108-y](https://doi.org/10.1038/s41467-019-14108-y) [Accessed 4 March 2020].
- Westerlund, B. and Wetter-Edman, K. (2017), "Dealing with wicked problems, in messy contexts, through prototyping", in *The Design Journal*, vol. 20, issue sup1, pp. S886-S899. [Online] Available at: [doi.org/10.1080/14606925.2017.1353034](https://doi.org/10.1080/14606925.2017.1353034) [Accessed 4 March 2020].

## WEIGHTED DYNAMIC NETWORKS

Strumenti per la progettazione digitale multiscalare e responsiva

## WEIGHTED DYNAMIC NETWORKS

Digital multiscale and time responsive design techniques

Caterina Tiazzoldi

### ABSTRACT

In una città strutturata complessa nella quale le interazioni tra le parti si intensificano, i decisori e gli scenari culturali si sovrappongono (e talvolta si scontrano), dove locale e globale nonché le dimensioni fisiche e virtuali coesistono, è necessario mettere a punto strumenti di progettazione capaci di adattarsi alle diverse scale d'intervento della città contemporanea. Il saggio illustra una metodologia di progettazione multiscalar denominata Weighted Dynamic Networks che consente di simulare e gestire l'evoluzione del progetto nel tempo. Sviluppata originariamente dall'autrice nella qualità di Direttrice del Laboratorio di Ricerca Non-Linear Solutions Unit presso la Columbia University, la metodologia WDN è stata implementata negli ultimi 20 anni in una serie di casi studio in ambito professionale e accademico.

In a complex structured city, where the interactions between parts intensify, the number of decision-makers and cultural scenarios overlap, interconnect (and sometimes collide), where local and global as well as physical and virtual dimensions co-exist, it is necessary to identify a set of design tools which could adapt to different scales of intervention of the modern city. The essay proposes a multiscalar and time-sensitive Weighted Networks Design methodology. Originally developed by the author as director of the Research Lab Non-Linear Solutions Unit at Columbia University, the WDN methodology has been implemented by the author herself in a series of multiscale case studies in the professional and academic environment along over the last 20 years.

### KEYWORDS

weighted dynamic networks, tipo, multiscala, classificatore, coworking

weighted dynamical networks, type, multiscale, classifier, coworking

**Caterina Tiazzoldi**, PhD and Master of Science in Architectural Design at Columbia University, is an Adjunct Professor at the Rhode Island School of Design (US). She is the former co-Founder and Director (from 2005 to 2015) of the Research Lab of Non-Linear Solutions Unit at Columbia University. She won the Architecture Rivelate Award and was a finalist at the Renzo Piano Award for a Young Italian Architect. Her interests focus on the cross-pollination between architecture, sciences and social innovation, time responsive architectural design, typological innovation, and resilience in architectural design methodology. E-mail: caterina@tiazzoldi.org

L'ambizione di definire una metodologia di progettazione applicabile a diverse scale appare spesso nelle opere e nelle ricerche di rinnovati architetti: nel Manifesto di Le Corbusier *From the Cell to the City* (Le Corbusier, 1925), in quello di Ernesto Nathan Rogers *From the Spoon to the City* o di Rem Koolhaas S,M,L,X,L (Koolhaas and Mau, 1995). Inoltre, la sfida di una progettazione indipendente dalla sua scala è stata affrontata anche dagli architetti che, a partire dagli anni '80, hanno svolto un importante ruolo nella cosiddetta 'era digitale' (Cache, 1995; Lynn, 1998; Eisenman, 1999; Wolfram, 2002). All'interno di questo contesto culturale, il saggio illustra la metodologia dei Weighted Dynamic Networks (WDN) sviluppata dall'autrice, a partire dalla definizione di 'tipo' di Carlos Martí Aris (1993) e dal concetto di 'framing and deframing' proposto da Bernard Cache (1995), come uno strumento capace di essere sistematico e specifico nello stesso frangente.

La selezione dei due riferimenti citati mira a superare l'idea che l'approccio progettuale digitale (contemporaneo) sia diverso da quello dell'architettura moderna. La scelta di Bernard Cache si basa sul fatto che è autore di uno dei primi saggi sull'architettura digitale, e sulla sua collaborazione con il filosofo Gilles Deleuze il cui lavoro influenza, oltre la filosofia, anche l'architettura, l'urbanistica, la geografia, la cinematografia, la musicologia, l'antropologia, gli studi di genere e la letteratura. In entrambi gli studiosi è possibile riscontrare un approccio progettuale che prevede la coesistenza da un lato di una dimensione 'strutturale' o sistemica, indipendente da luogo e scala, dall'altro di una dimensione più 'specificata' che si esprime attraverso il concetto di 'differenza e ripetizione', e nella quale i 'tipi di molteplicità' risolvono la dicotomia tra 'l'uno e i molti'.

**Tipo come generico** | Martí Aris definisce il 'tipo' come un concetto, una struttura formale, una chiave di lettura analitica che conduce alla peculiarità e alla specificità del progetto. Il 'tipo' esiste dal momento in cui si può riconoscere l'esistenza di 'somiglianze strutturali' fra oggetti architettonici, al di là delle loro differenze apparenti. Il 'tipo' approccia il problema della forma in termini di massima generalità (va oltre gli stili e le epoche): non è mera classificazione in quanto descrive i criteri di variazione e stabilisce un 'classificatore' di differenze. Secondo Martí Aris (1993), diversamente dallo stile, il 'tipo' esprime la permanenza di alcuni aspetti essenziali e mette in luce il carattere variabile delle strutture formali: lo studioso spagnolo definisce il 'tipo' come impostazione mentale strutturale, uno strumento fondante capace di integrarsi con il sito e con le sue specificità culturali durante il processo di contestualizzazione.

Similmente, Cache concepisce l'idea di 'deframing' come un approccio astratto da scala e sito, capace di contestualizzarsi in maniera specifica nei vari progetti. Con il concetto di 'framing and deframing', ispirato a quello metafisico del Piano dell'Immanenza teorizzato alla fine degli anni '80 dai filosofi francesi Deleuze e Guattari (2017), Bernard Cache (1995) anticipa non solo l'approccio topologico di Greg

Lynn (1998) ma anche l'implementazione del concetto di diagramma in architettura (Eisenman, 1999) nonché gli algoritmi genetici e i complessi sistemi adattativi nel campo delle scienze della complessità (Nicolis and Prigogine, 1992; Holland, 1995), tutte strutture concettuali riconducibili all'idea di 'tipo' con la potenzialità di diventare progetto specifico durante la 'fase di contestualizzazione'.

**Dal generico allo specifico** | Ma come è possibile passare da una condizione astratta di 'deframing' a una soluzione specifica 'framing'? Il problema principale è gestire la transizione dal modello alla sua variazione progettuale in presenza di condizioni diverse. Nell'introduzione di *Earth Moves*, Michael Speaks (1995) afferma che Cache concepisce un universo in cui gli oggetti non sono stabili ma possono subire variazioni. L'idea di variazione richiama il concetto deleuziano di 'differenza e ripetizione' per il quale la differenza è concepita come una relazione empirica tra due termini aventi, entrambi, una precedente identità per cui x non è diversa da y; l'identità quindi persiste, ed è prodotta da una precedente relazione tra i differenziali 'dx anziché non-x' (Smith and Protevi, 2018). In questa chiave possiamo quindi leggere il 'tipo' di Martí Aris che, diversamente dallo stile, include le caratteristiche differenziali e stabilisce un 'classificatore' delle diverse varianti.

**Weighted Dynamic Networks** | Negli ultimi trent'anni lo sviluppo di strumenti digitali ha permesso di implementare i concetti di ripetizione, variazione e diversità in varie discipline diventando potenti strumenti da un lato per esplorare una grande varietà di possibili soluzioni, dall'altro per ridurre l'impatto economico della produzione di prototipi. Nella mostra *Architecture Non-Standard* inaugurata nel 2003 presso il Centro Pompidou di Parigi (Migayrou, 2003) sono state illustrate le potenzialità applicative dei dispositivi digitali in architettura. Sebbene all'inizio di tale sperimentazione l'approccio sia stato più speculativo che pratico, negli anni la ricerca sul campo si è sviluppata tanto nei settori della manifattura e dell'industria quanto in ambito accademico, così come dimostra la metodologia Weighted Dynamic Networks (WDN) – basata su software nodali quali Maya e Grasshopper – messa a punto dall'autrice all'interno del Laboratorio di ricerca Non-Linear Solutions Unit della Columbia University, del quale è stata co-fondatrice e Direttrice dal 2005 al 2015.

I software nodali consentono di collegare dati di modellazione tridimensionale e di manipolare una serie di proprietà o attributi che ne modificano le caratteristiche (Fig. 1a). Sono prevalentemente utilizzati per animazioni in film e pubblicità per simulare il movimento di personaggi, simulare incendi e tsunami, ecc. In *Mastering Autodesk Maya 2016*, Palamar (2016) illustra come i vincoli nodali consentano di collegare due corpi rigidi con una relazione dinamica. Definendo la lunghezza della connessione, il livello di attrazione o di repulsione tra due o più elementi e impostando alcuni attributi come forza, distanza, penetrazione, massa positiva/negativa e posizione nello spazio, è possi-

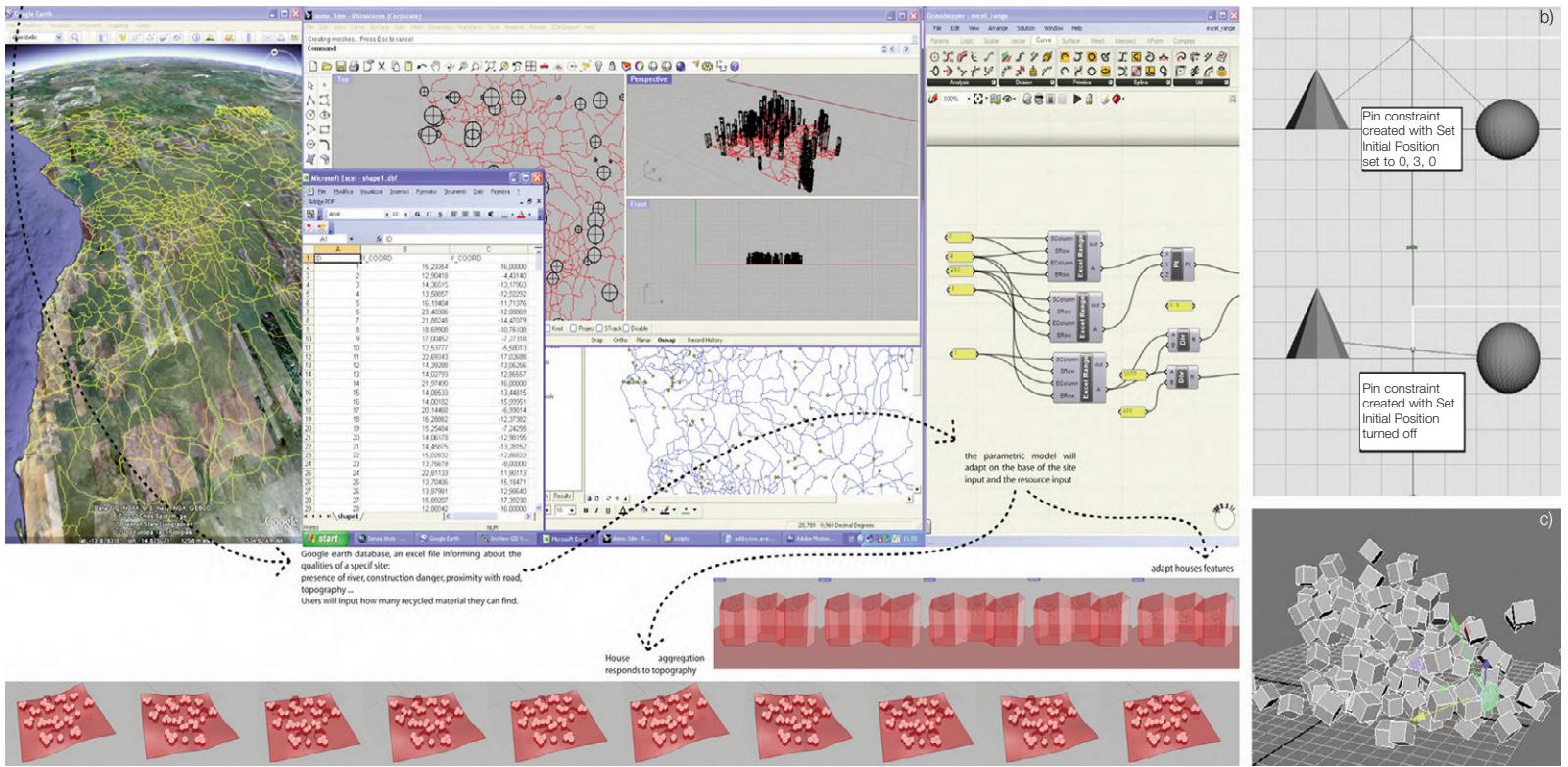
bile creare un modello dinamico. I vincoli nodali (utilizzati ad esempio per simulare i collegamenti in una catena o in un braccio robotico), possono collegare 'corpi attivi' e 'corpi passivi' (Palamar, 2016; Fig. 1b): mentre i 'corpi attivi' hanno facoltà di muoversi nello spazio, quelli 'passivi' non variano mai il proprio status.

È anche possibile applicare la metodologia dei vincoli nodali all'architettura, riferendo un particolare volume a specifici standard architettonici e urbani (Neufert, 2013) o a normative. Ad esempio, i 'corpi compenetranti' possono essere associati alla compatibilità spaziale tra diverse funzioni: una cucina solitamente è compatibile con una sala da pranzo e un salotto, tuttavia non è compatibile con un bagno. La compenetrazione di alcuni corpi permette di combinare le attività in un unico spazio, riducendo o aumentando alcune superfici utili o variandone la collocazione. Alla fine, ma non necessariamente, il progettista può rimuovere il vincolo nodale cambiando così la relazione fra le parti. La Figura 1c illustra un esempio elaborato con Autodesk Maya in cui i volumi sono 'corpi rigidi attivi' che, collegati da vincoli nodali, convergono in un'area unica. Tali vincoli hanno una rigidità e una lunghezza che consente loro di avvicinarsi o allontanarsi tra loro, in base agli input e agli attributi inseriti dal progettista mentre i volumi non collegati, invece, si spostano in modo indipendente. Nel caso specifico il progettista ha attribuito alle masse cariche differenti (positive e negative), determinando quindi repulsione o attrazione fra i vari volumi.

Questo esempio di relazione tra masse è applicabile anche alle varie scale della progettazione: alla scala paesaggistica parchi e corsi d'acqua sono 'corpi attivi', a quella urbana lo sono le strade e gli edifici circostanti mentre non lo sono alla scala architettonica; nell'interior design, il perimetro esterno è invariabile e quindi è un 'corpo passivo'.

**Riduzionismo creativo e sua implementazione nei modelli di progettazione** | Valutate le potenzialità dei vincoli e dei software nodali come strumenti progettuali, occorre individuare gli elementi invarianti e quelli soggettivi che entrano in gioco nel processo di modellazione. A differenza dell'approccio deterministico (Wolfram, 2002; Schumacher, 2009, 2016), il WDN richiede un processo decisionale soggettivo. Infatti, secondo il premio Nobel Ilya Prigogine (1980), il passaggio dal paradigma deterministico alla scienza della complessità implica una radicale attenuazione della distinzione tra scienze dure (matematica, fisica) e scienze leggere (biologia, scienze sociali e architettura): un tale cambiamento paradigmatico ha attenuato il limite tra i concetti di soggettivo e oggettivo (Kuhn, 2012). Poiché con le ricerche di Boltzmann, Poincaré ed Einstein le scienze sono considerabili soggettive di per sé, è necessario definire il nuovo ruolo dello scienziato e del progettista in ogni processo di modellazione che è soggetto a una qualche forma di 'riduzionismo creativo' come evidenziato da John Holland (1995, 2000; Dye and Flora, 2015).

Il processo di 'riduzionismo creativo' segue parzialmente le linee guida del 1637 di Descartes (2014) e Deleuze (2004) nel campo della



**Fig. 1** | WDN process constraints: implementation of a nodal software to multiscale project ‘Adaptable House for Luanda’ project develop a detail (credit: C. Tiazzoldi, 2009); pin constraints; dynamic system created by a network of volumes connected by pins constraints (credits: T. Palamar, 2016).

filosofia, di Munari (1981) e Cache (1995) in architettura e design, di Holland (1995), Prigogine (1980) e di Bertuglia (Bertuglia and Vaio, 2005) nel campo delle scienze della complessità. Il processo di ‘riduzionismo creativo’ può essere strutturato integrando le regole di Descartes e quelle di Deleuze. Per Descartes esistono quattro regole: «[...] La prima è di non accogliere mai nulla per vero che non conosciessi essere tale per evidenza: di evitare, cioè, la precipitazione e la prevenzione; e di non comprendere nei miei giudizi nulla di più di quello che si presentava così chiaramente e distintamente nella mia intelligenza da escludere il dubbio. La seconda di dividere ogni problema in tante piccole parti minori quante fosse possibile e necessario per meglio risolverlo. La terza di condurre con ordine i miei pensieri, cominciando dagli oggetti più semplici e più facili da conoscere per salire poco a poco, come per gradi, sino alla conoscenza dei più complessi; e supponendo un ordine anche tra quelli di cui gli uni non precedono naturalmente gli altri. Infine, di far dovunque enumerazioni così complete, e revisioni così generali, da essere sicuro di non aver omesso nulla» (Descartes, in Munari, 1981, p. 7).

Per Deleuze esistono tre regole: «1. Designation or denotation, which is the relation of a proposition to an external situation (theory of reference, with its criterion of truth or falsity). 2. Manifestation, which marks the relation of the proposition to the beliefs and desires of the person who is speaking (with its values of veracity or illusion). 3. Signification or demonstration, which is the relation of the proposition to other propositions (the domain of logic, with its relations of implication and assertion)» (Smith and Protevi, 2018).

Quando applicato alle scienze cognitive, il ‘riduzionismo creativo’ consiste nello scomporre alcune condizioni ambientali apparentemente intangibili (Tiazzoldi, 2018) e nel tradurle in unità elementari, attributi e ‘building blocks’ o parti essenziali riutilizzabili. Secondo Holland (1995) – riconosciuto dalla comunità scientifica come il padre degli algoritmi genetici – è possibile scomporre una scena ‘non familiare’ in un insieme di elementi conosciuti (alberi, edifici, persone, animali, ecc.), identificando la logica che li relaziona; sempre secondo lo scienziato americano questa rapida scomposizione di immagini complesse in ‘building blocks’ familiari non può ancora essere simulata con i computer (Fig. 2a). Anche nella letteratura, Italo Calvino (1988) approccia le sue opere con una forma di ‘riduzionismo creativo’, sintetizzando la scrittura in cinque proprietà: leggerezza, rapidità, esattezza, visibilità e molteplicità.

Quando applicato all’architettura e al design, il ‘riduzionismo creativo’ consiste nello scomporre una data realtà in un insieme di unità elementari quali pareti, finestre, aperture, pannelli e loro attributi quali spessore, lunghezza e rotazione nello spazio, scala, posizione ma anche riflettività, trasparenza, porosità e assorbimento acustico (Tiazzoldi, 2016): il ‘riduzionismo creativo’ è quindi un atto che consente di affrontare un determinato problema esplorando nuove frontiere del ‘misurabile’, approccio condiviso anche da Bruno Munari (1981) quando richiama le quattro regole cartesiane per dividere ciascuna delle difficoltà in esame in quante più parti possibili e necessarie per la sua soluzione adeguata.

All’interno della metodologia WDN, si prevede quindi di ‘ridurre’ o tradurre un determinato problema in una serie di proprietà spaziali,

trasformandole in attributi-input (dimensioni, spessore, trasparenza, colore, altezza, posizione nello spazio, ecc.) che possono essere manipolati e che determinano le prestazioni qualitative e quantitative del progetto, e di ‘comporre’ tali elementi secondo una serie di regole che li relazionano (ritmo, distanza relativa, ripetizione, rototraslazione, ecc.), il tutto attraverso le interfacce dei software di modellazione (Fig. 2b).

**Un caso studio senza scala: Napoleone** | Un caso studio, sviluppato dall’autrice nel 2001 in un contesto educativo, illustra l’efficacia della metodologia WND nell’elaborazione di modelli anche in assenza di scale di riferimento. Il caso Napoleone implementa infatti i WDN in una sequenza storica descritta nel libro di Max Gallo (1997) dal titolo Napoleon – L’Empereur des Rois. La Figura 3 illustra una sequenza di sette fotogrammi rappresentanti un insieme di ‘corpi rigidi’, ‘attivi’ e ‘passivi’, ovvero due cubi e sette sfere. Il cubo grigio è un ‘corpo rigido passivo’ e rappresenta il desiderio di Napoleone di creare un Impero e una dinastia. Mentre il testo sul lato sinistro riporta alcuni momenti storici salienti della vita di Napoleone, i sette fotogrammi sul lato destro ne restituiscono la variazione del modello WDN nel tempo. Il cubo nero rappresenta Napoleone ed è un ‘corpo attivo’ poiché la sua posizione può variare rispetto agli altri volumi. Anche le sfere sono ‘corpi attivi’ e rappresentano le diverse Istituzioni o forme di potere (militare, culturale, politico, legale, religioso e genealogico). Tutti i volumi possono convergere verso il cubo grigio; alcuni hanno un campo di gravità positivo e tutti sono collegati tramite vincoli nodali qualificati dalla lunghezza e dalla rigidità delle singole connessioni.

La sequenza riportata si riferisce agli anni 1806-1809. Nel 1806, Napoleone si autopropone Imperatore di Francia e l'unico tassello mancante per creare una dinastia è un erede. Napoleone è sposato con Giuseppina Beauharnais la quale però non può avere figli. Poiché la religione non consente il divorzio, nel 1809 Napoleone arresta il Papa, divorzia da Giuseppina e sposa Maria Luisa, dalla quale, nel 1809, ha un figlio: il Re di Napoli. Il caso studio mostra come i WDN possano rappresentare anche un particolare momento storico definendo relazioni e criteri e seguendo la metodologia dello studioso francese Fernand Braudel (1953), uno dei primi storici ad avere inserito, in qualità di Direttore degli Annali Storici Francesi, un approccio nodale alla lettura della storia.

**Implementazione dei WDN nell'architettura** | Prendendo come riferimento uno dei più diffusi manuali di progettazione, l'*Encyclopedia Pratica per Progettare e Costruire*, pubblicato nel 1936 da Ernst Neufert (2013), è possibile rintracciare similitudini metodologiche con l'idea di 'tipo' e di 'differenza e ripetizione', di 'classificatore di immagini' e di 'elementi ripetibili' analizzati nei paragrafi precedenti. Il Manuale esplora la progettazione a diverse scale, dal 'nano' dei materiali al 'mega' della città (Fig. 4), evidenziando le relazioni tra corpo umano e spazio: le tipologie si presentano come 'tipo' riconducibile a uno schema generale, le specifiche tecniche sono determinate dall'ergonomia (ad esempio la distanza tra i letti in un ospedale è correlata all'accessibilità dei macchinari e del personale medico); i mobili e lo spazio operativo che li circonda possono essere assimilati ai 'building blocks' architettonici e alle 'unità ripetibili'. Dall'aggregazione degli arredi fino a quella delle unità ambientali, correlate dai diagrammi di flusso, si perviene a un insieme via via più complesso fino alla definizio-

ne dell'intero edificio. Invece di relazionarsi con la forma degli edifici, Neufert propone diagrammi di relazione, 'bubble diagram', in cui i vettori sono più rilevanti delle rispettive posizioni nello spazio. All'inizio di ogni capitolo, Neufert descrive le caratteristiche di un determinato 'tipo' – edifici per uffici, ospedali, abitazioni, ecc. – proponendo poi alcune varianti per l'adattamento a contesti diversi: in questo modo, ricrea il 'classificatore di immagini' o i 'building blocks', suggerendo come combinarli in modi diversi.

I WDN applicano la stessa metodologia di Neufert implementandola con uno strumento digitale che agisce in modo euristico e non deterministico. Volumi e vettori sono elementi con cariche positive o negative che si attraggono o si respingono, possono essere visibili o invisibili, compenetranti, accostati o isolati, possono modificarsi con le normative, la topografia, l'iluminazione, il budget a disposizione, ecc., simulando gli effetti delle variazioni di un singolo attributo sull'insieme e gestire l'evoluzione del progetto nel tempo.

**Toolbox ex Area OSI-Ghia a Torino: 20.000 mq** | L'esempio di Toolbox, ex-Area OSI-Ghia, è uno dei casi studio più rilevanti sviluppati dall'autrice applicando la metodologia WDN. Situato nella Città di Torino, Toolbox è un edificio industriale di 20.000 mq, realizzato per attività a supporto di fabbriche automobilistiche come Fiat e Lancia; diventato successivamente un Centro Uffici, principalmente destinato alle filiali secondarie delle aziende, è entrato in disuso alla fine degli anni '90 quando la recessione economica ha costretto la maggior parte delle imprese internazionali a ridurre il numero di uffici e di dipendenti.

Nel 1990 la proprietà dell'immobile ha chiesto all'autrice, in collaborazione con gli architetti Fogli e Mellano, di elaborare una proposta di rigenerazione dell'area che contemplasse anche il coinvolgimento di una serie di immobili

circostanti tra cui l'Istituto Europeo di Design per il cui progetto era stato incaricato Mario Cucinella. I nuovi partners sono stati promotori di una variante urbanistica che prevedeva il redisegno complessivo dell'area urbana e nuove destinazioni tra cui il residenziale (anche per studenti), il terziario e i parcheggi. Il modello concettuale eseguito con i WDN è stato strutturato con elementi che avrebbe potuto cambiare, incluse le strade locali (concepite come dei 'corpi rigidi attivi' con l'unico vincolo della giacitura sul piano preesistente) e le residenze, che avevano un vincolo unidirezionale potendo muoversi solo sull'asse verticale; le uniche invarianti, riportate nel modello come 'corpi rigidi passivi', erano rappresentate da una rotonda che garantiva l'accesso all'area e a un cavalcavia. La proposta è stata comunque scartata a causa degli elevati costi d'intervento e dell'incertezza che presentava l'iter amministrativo e autorizzativo da parte del Comune (Figg. 5, 6).

Nel 2002 la proprietà ha richiesto di studiare altre ipotesi progettuali circoscritte alla sola area in suo possesso. La nuova proposta è stata elaborata utilizzando i concetti di 'tipo', 'classificatore di immagini', 'building blocks' e 'unità ripetibili', e avviando una tassonomia di spazi generici che avrebbero potuto adattarsi a nuove destinazioni tra cui un centro commerciale, un cinema multisala e un centro fitness. Ma gli incontri con i potenziali investitori (tra cui la Virgin Active) hanno evidenziato come l'impossibilità di modificare la rotonda di accesso impedisse di soddisfare i requisiti richiesti dalle normative sul pubblico spettacolo e antincendio per il deflusso rapido e in sicurezza degli utenti. La mancanza di investitori ha così portato l'autrice a introdurre nuovi vincoli nel modello, tra cui il riutilizzo degli edifici esistenti, il controllo del budget e lo sviluppo per fasi. Il nuovo modello, strutturato con diverse unità indipendenti che avrebbero potuto ampliarsi e interconnettersi in futuro, ha comunque previsto altri vincoli

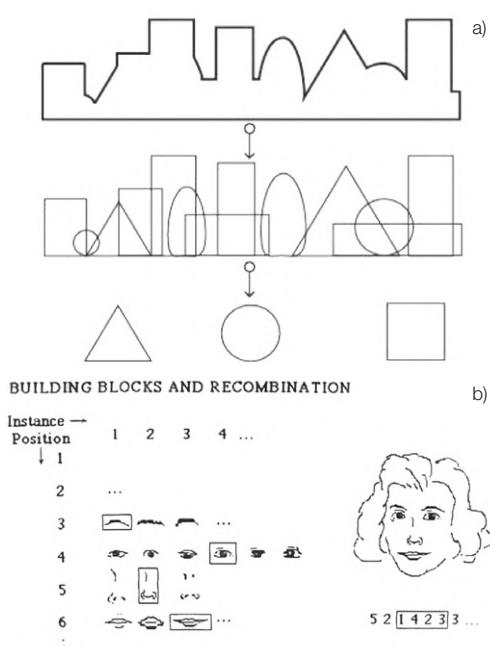
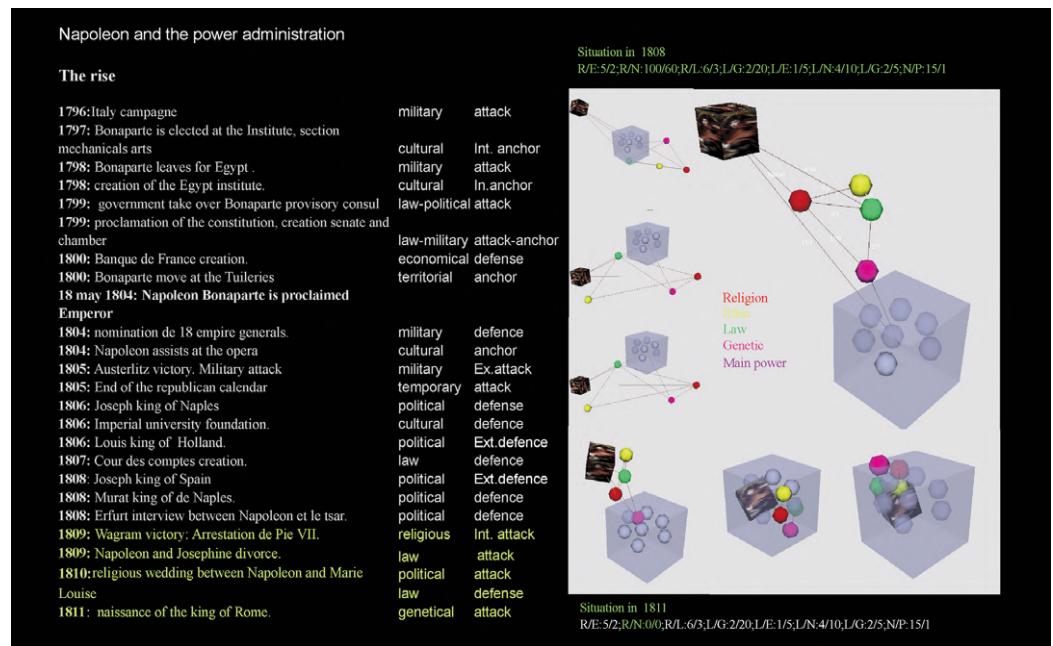
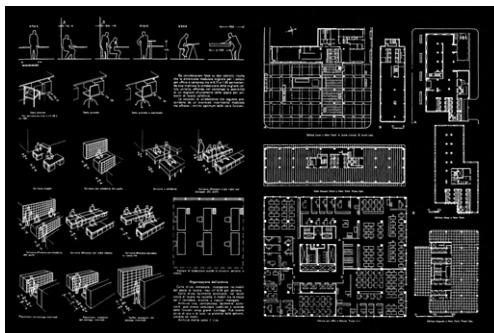


Fig. 2 | Creative reductionism (element, composition of element, structure) by Caterina Tiazzoldi (2008); combinatorial procedure by John Holland (1995).

Fig. 3 | Weighted Dynamic Networks applied to Napoleon case study (credit: C. Tiazzoldi, 2001).





**Fig. 4** | Ergonomics furniture and operational spaces around them and implementation of the aggregation in different site configurations (source: E. Neufert, 1936); WDN translating vectors and movements into 'Social Cave' spaces (credit: C. Tiazzoldi and GSAPP, 2011).

rappresentati come 'corpi passivi' tra cui la posizione della strada, le vie carrabili e gli accessi pedonali, e la gestione degli ambienti presenti in un piano interrato di 6.000 mq che, per l'assenza di luce naturale, risultavano prevalentemente adatti alle funzioni di auditorium, sale conferenze e sale di registrazione (Fig. 7).

La prima fase operativa ha interessato la zona di accesso all'IOS Office Center attraverso una 'leggera' ristrutturazione della hall, così come richiesto dalla proprietà, seppur l'autrice avesse non pochi dubbi sul mantenimento della destinazione a uffici in ragione del fatto che fosse possibile lavorare in remoto da qualsiasi luogo utilizzando un semplice laptop e una rete Wi-Fi. In effetti, dopo la prima fase in cui il lavoro da casa appare come una vera alternativa al tradizionale ambiente di lavoro, le persone riscontrano la necessità di spazi dedicati alle attività lavorative per soddisfare le necessità di socializzazione, di apparire più professionali (agli occhi di altre persone ma soprattutto ai propri occhi) e di non trascorrere 24 ore nello stesso posto. Toolbox risponde a tutte queste esigenze, rivolgendosi a una nuova generazione di architetti professionisti, web designer, artisti, avvocati, commercialisti e imprese (Fig. 8).

Grazie alla metodologia WDN, Toolbox è il risultato dell'ibridazione di uno spazio di lavoro tradizionale europeo organizzato in piccoli uffici e di un open space americano del dopoguerra. Toolbox, che propone un nuovo approccio al lavoro, è concepito come un incubatore professionale, uno spazio in cui gli utenti possano contribuire attivamente alla definizione di una nuova identità imprenditoriale per Torino. Dal punto di vista funzionale, l'intervento ha previsto la trasformazione di un ufficio tradizionale (suddiviso in stanze) in un vasto spazio aperto con 44 postazioni di lavoro individuali, intervallate da aree comuni tra cui sale riunioni, sale stampanti e spazi informali, mantenendo intatta e visibile la struttura originaria in cemento armato. L'edificio principale è diviso in due parti: il lato lungo con le finestre è utilizzato per le postazioni coworking, mentre sul lato opposto un corridoio collega cinque scatole chiuse che contengono i servizi funzionali (cucina, sale riunioni, cassette postali, bar, ecc.), concepiti essi stessi come 'strumenti di lavoro'. L'edificio industriale secondario ospita poi il salone e un'area relax mentre altri spazi di servizio (ad es. la



caffetteria) sono chiusi in scatole funzionali.

Il processo di progettazione adattiva tramite i WDN ha quindi caratterizzato l'intervento di riuso degli spazi industriali; un'attenta lettura del progetto Toolbox chiarisce il passaggio all'altra dimensione del concetto di 'differenza e ripetizione' nella quale è implemento un metodo di progettazione generico per rispondere rapidamente alle specifiche esigenze dell'utente e alle variazioni di programma.

**Base Milano: 12.000 mq** | Base Ex Ansaldo può essere considerato un caso di evoluzione del concetto di 'differenza e ripetizione' nonché una variazione del progetto Toolbox. In effetti, valutando il suo impatto sulla stampa internazionale, sui quotidiani nazionali (Demurta, 2010), sui testi scientifici (Chiorino, Fassino and Milan, 2015; Leydecker 2013) ma anche su blog, riviste specializzate (Tiazzoldi, 2013) o sulla formazione universitaria (Ponchio and Cossa Majno di Capriglio, 2017), Toolbox può essere considerato un nuovo 'tipo' architettonico che ha creato le basi per un nuovo approccio al riuso di edifici industriali per investitori diversi e funzioni differenti (spazi a uso misto e per il coworking, spazi pubblici e riservati per uffici, anche caratterizzati dall'implementazione di tecnologie intelligenti, flessibilità d'uso e adattabilità funzionale ai piani aziendali). Inoltre, richiamando il libro di Prigogine (1980) From Being to Becoming, Toolbox rappresenta un modello di progettazione evolutiva, capace di integrare nel tempo nuovi 'building blocks' (il Fab Lab, Arduino, il Full Lab del Politecnico di Torino), di far coesistere spazi diversi per differenti modelli d'impresa e di costituire presupposto per la partecipazione ad alcuni bandi pubblici (Fig. 9).

Lo Stabilimento è stato costruito da un'impresa meccanica agli inizi del Novecento ed è stato acquistato negli anni '60 dall'Ansaldo per la produzione di locomotive, carrozze ferroviarie e tramvie. A partire dagli anni '70, a causa dell'evoluzione del sistema produttivo, le fabbriche sono state abbandonate. Nel 1990 il Comune di Milano ha acquisito il Complesso Ansaldo avviando un processo per riqualificare l'area a uso culturale che ha visto insediarsi nel 1994 i Laboratori della Scala e nel 2015 il MUDEC – Museo delle Culture. Nel 2014, a seguito di un bando pubblico, gli spazi sono stati as-

segnoti a un gruppo di imprese sociali formato da Arci Milano, Avanzi, esterni, H+ e Make a Cube3. Base è oggi un interessante progetto di contaminazione culturale tra arti, imprese, tecnologia e innovazione sociale, capace di stimolare nuove riflessioni per la città del XXI secolo, creare nuove connessioni tra arti, discipline e linguaggi, sostenere il ruolo di Milano tra le grandi capitali della produzione creativa. Il progetto si traduce in 12.000 mq di laboratori, spazi per esposizioni, spettacoli, workshop e conferenze, una grande sala studio e residenze per artisti (Base, 2014; Fig. 10).

Nel 2016, l'autrice è stata chiamata dalla proprietà come consulente esperta di spazi ibridi e hub creativi, (affiancando lo studio Onsite incaricato del progetto) per studiare la flessibilità degli spazi in relazione ai possibili sviluppi futuri delle aziende, in ragione del fatto che gli incubatori professionali e gli hub avviati dapprima con finanza pubblica o senza scopo di lucro spesso si trasformano in imprese e fondazioni di profitto con mutate esigenze. In Base Milano, in cui ogni piano dell'edificio lungo 300 metri avrebbe potuto essere diviso per essere affittato a diverse società, la consulenza prevedeva anche l'individuazione del sistema dei percorsi orizzontali e verticali, in particolare una scala esterna e un ascensore Schindler a cui erano riservati una parte consistente del budget.

Nel caso Base, l'autrice ha applicato la mappatura WDM dei 'corpi passivi' a strade, accessi e percorsi di distribuzione al primo piano. In effetti, il primo piano ha rappresentato una fonte di reddito rilevante, grazie all'utilizzo come fiera temporanea durante la settimana del design e della moda che si tiene ogni anno nella zona di Tortona. La scala, i condizionatori (con un volume di mc 260,00), la caffetteria sul tetto destinato a spazio per feste ed eventi, e i montacarichi per la movimentazione dei materiali pesanti dei laboratori, sono tutti interconnessi e sono inseriti nel modello come 'corpi rigidi attivi' che si muovono nello spazio, seppur con gradi di libertà differenti (Fig. 11). Nel progetto, una particolare attenzione è stata data alla compenetrazione di spazi privati e di coworking mentre la forma degli uffici privati, originalmente concepita come cubi poligonali collegati alle finestre, è stata ridisegnata. Richiamando il concetto del 'riduzionismo creativo', ai cubi, inizialmente concepiti come quattro punti collegati con linee e quindi estrusi, è stato aggiunto un punto di controllo (per ogni linea) che potesse muoversi liberamente nello spazio; di conseguenza le stanze degli uffici, anziché semplici cubi situati lungo le pareti sono diventati elementi spaziali che conformato le aree comuni, comprimendone o dilatandone lo spazio secondo le esigenze di privacy.

**Illy Shop: 35 mq** | Un altro caso studio riguarda la scala dell'interior design. Il Flag Store della Illy S.p.A., situato a Milano nella Galleria San Carlo vicino al Duomo, è arredato solo con cubi bianchi, dimensionati per collocare all'interno le scatole di caffè e le macchine per il caffè espresso. Richiamando Frearson (2011), il concept è quello di un negozio 'riconfigurabile', un 'tipo' caratterizzabile dalle infinite combinazioni di elemento singolo: il 'cubo' con una base

(esterna) quadrata di cm 45x45 (Kottas, McBride and Ferguson, 2014; Figg. 12, 13). Tramite la metodologia WDN, il protocollo di massing è stato sviluppato per esporre prodotti di diverse dimensioni e per collegare tra loro le diverse funzioni nello spazio; tutto richiama il modulo: un bancone, un tavolo da degustazione e persino i bidoni della spazzatura sono ricavati dai cubi, così come l'illuminazione del negozio.

**Conclusioni** | I casi studio illustrati rappresentano un'occasione per stimolare il dibattito sulle metodologie di progettazione. I progetti di Toolbox e Base Milano dimostrano che la metodologia WDN, in quanto strumento euristico multi-scala a supporto della progettazione nei settori dell'architettura e dell'interior design, è in grado di gestire e simulare l'evoluzione nel tempo di un determinato spazio. Seppur software nodali e WDN siano validi strumenti alla progettazione concettuale, non sono comunque esenti da limitazioni. In progetti complessi ed estesi, il peso dei file aumenta considerevolmente, il modello diventa poco gestibile e richiede un'estrema semplificazione. Tuttavia, tale metodologia, se usata in maniera appropriata, può anche lavorare simultaneamente a scale diverse.

Sviluppi futuri della metodologia WDN possono riguardare certamente una progettualità multi-scala, da quella paesaggistica a quella del design: in tal senso, la prima sperimentazione riguarda le otto sculture d'arte pubblica collocate nello Starlight Park, recentemente riqualificato, nel Bronx di New York (Fig. 14). Il Bronx è uno dei cinque distretti di New York che ha la quarta estensione più grande, la quarta popolazione e la terza densità di popolazione più alta. Associato ad abitanti a basso reddito e rinomato come un quartiere pericoloso e socialmente critico (per lo spaccio di sostanze stupefacenti, per l'elevato consumo di alcol e per la prostituzione), negli ultimi vent'anni il Bronx ha visto sviluppare diversi progetti per rigenerarlo attraverso l'educazione e l'arte.

Le otto sculture, realizzate in collaborazione con il Bronx River Art Center e con lo studio Khan, sono state collocate nell'area ricreativa dello Starlight Park all'interno di un sistema nodale, una rete di opere d'arte che consente ai cittadini di muoversi all'interno del parco e vedere sempre simultaneamente almeno due sculture, creando una continuità visiva e una sensazione di sicurezza per le giovani famiglie e per tutti gli utenti. Tra le diverse sculture, la Mathematical Belonging – progettata dall'autrice con Eduardo Benamor Duarte – è un'opera concepita con la metodologia WDN nella quale la possibilità di produrre un elevato numero di varianti ha permesso di integrare nel ciclo delle iterazioni un consistente numero di vincoli (ad esempio, una distanza tra i pannelli tale da garantire da un lato l'introspezione visiva dall'altro la sicurezza dei bambini, un costo di realizzazione definito, un peso contenuto per il trasporto a mano, un semplice sistema di assemblaggio per persone non esperte, quali i componenti della comunità locale, ecc.) e di dar vita a una variabilità di funzioni: dalla reception per eventi al laboratorio per il Bronx River Art Center BRAC, dal piccolo rifugio al parco giochi nel

quale gli utenti possono entrare e interagire apprendendone la geometria. La forma curva che caratterizza la scultura produce un senso di appartenenza alla comunità del Bronx favorendo l'avvicinamento alla cultura, alle scienze e al paesaggio naturale e urbano.

The ambition to define a design methodology applicable to different scales frequently appears into architects' works and researches: in Le Corbusier Manifesto From the Cell to the City (Le Corbusier, 1925), Ernesto Nathan Rogers From the Spoon to the City, and Rem Koolhaas S,M,L,XL (Koolhaas and Mau, 1995). As well as in the so-called 'digital era', starting in the late 80s, architects engaged the topic of scale-less design (Lynn, 1988; Eisenman, 1999; Wolfram, 2002). The paper will illustrate the Weighted Dynamic Networks (WDN) methodology as a tool, developed by the author, having the capacity to be structural and specific at the same time. The author will first compare Carlos Martí Aris' definition of 'type' (Martí Aris, 1993) and Bernard Cache's concept of 'framing and deframing' (Cache, 1995).

The selection of the two references aims to eradicate the idea that digital methodologies are different from modern architecture's ones. Bernard Cache was chosen because his essay on digital architecture was one of the firsts published and because of his collaboration with the philosopher Gilles Deleuze. In effect, Deleuze's influence reaches, besides philosophy, researchers in architecture, urban studies, geography, film studies, musicology, anthropology, gender studies and literary studies. In both authors, it is possible to see the coexistence between a structural scale-less and site-less design approach and the possibility to become specific via difference and variation. The proposition to define 'types of multiplicities' replaces the dichotomy between 'the one and the many'.

**Type as Structural Design** | Martí Aris defines 'architectural type' as a concept, a formal structure, an analytical key leading to the peculiarity and specificity of the project. 'Type' exists from the moment in which we recognize the existence of 'structural similarities' between architectural objects, beyond their differences on the most apparent and superficial level. This principle – the 'type' – fosters the problem of form in terms of maximum generality (beyond eras and styles). 'Type' is not a mere classification; it describes differential features and establishes a 'classifier' of differences. According to Martí Aris (1993), differently from style, 'type' expresses the permanence of essential aspects and highlights the variable attributes of the formal structures. Furthermore, Martí Aris's defines 'type' as a structural mind-setting, such a fundamental tool can blend with the site and cultural specificities via a contextualization process.

Similarly, Cache envisions the idea of 'deframing' as a scale-less and site-less instrument and 'framing' as a scale and time-sensitive procedure. Bernard Cache (1995) defined the concept of 'framing and deframing' inspired

by the Plane of Immanence defined in the late 80s by the philosophers Deleuze and Guattari (2017). Furthermore, Cache anticipated the topological approach (Lynn, 1998), the architectural implementation of the philosophical diagram concept (Eisenman, 1999), the genetic algorithms and complex adaptive systems in the field of sciences of complexity (Nicolis and Prigogine, 1992; Holland, 2000) which are structural mind-settings becoming specific during the 'framing phase'.

**From Generic to Specific** | After exposing the value of a generic, systemic approach, the following step is how to move from an abstract 'unframed' context to a specific 'framed' one. The emerging problem is how to control the adaptation to different conditions. In Earth Moves

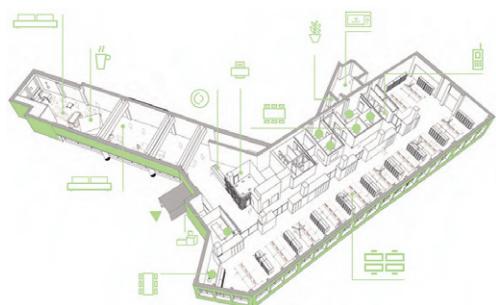


Fig. 5 | 'Toolbox Office Lab and Coworking' (credit: C. Tiazzoldi, 2010).

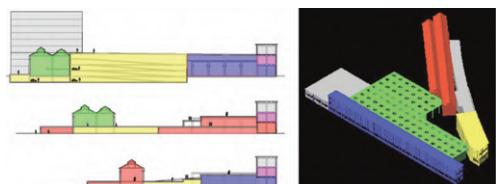


Fig. 6 | 'Toolbox Office Lab and Coworking', phases 1-2: massing model (credits: C. Tiazzoldi, 2002, 2011).

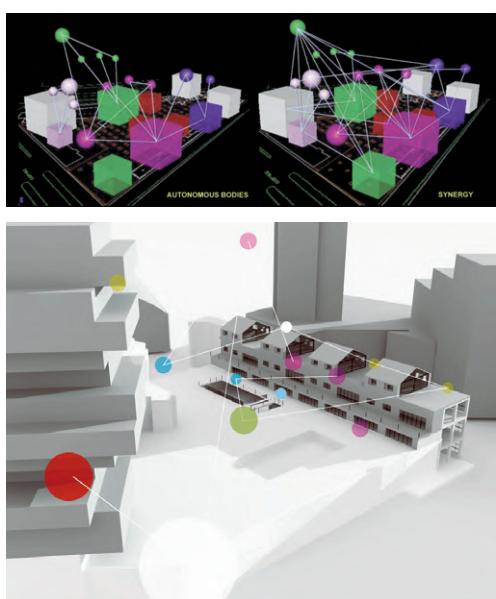
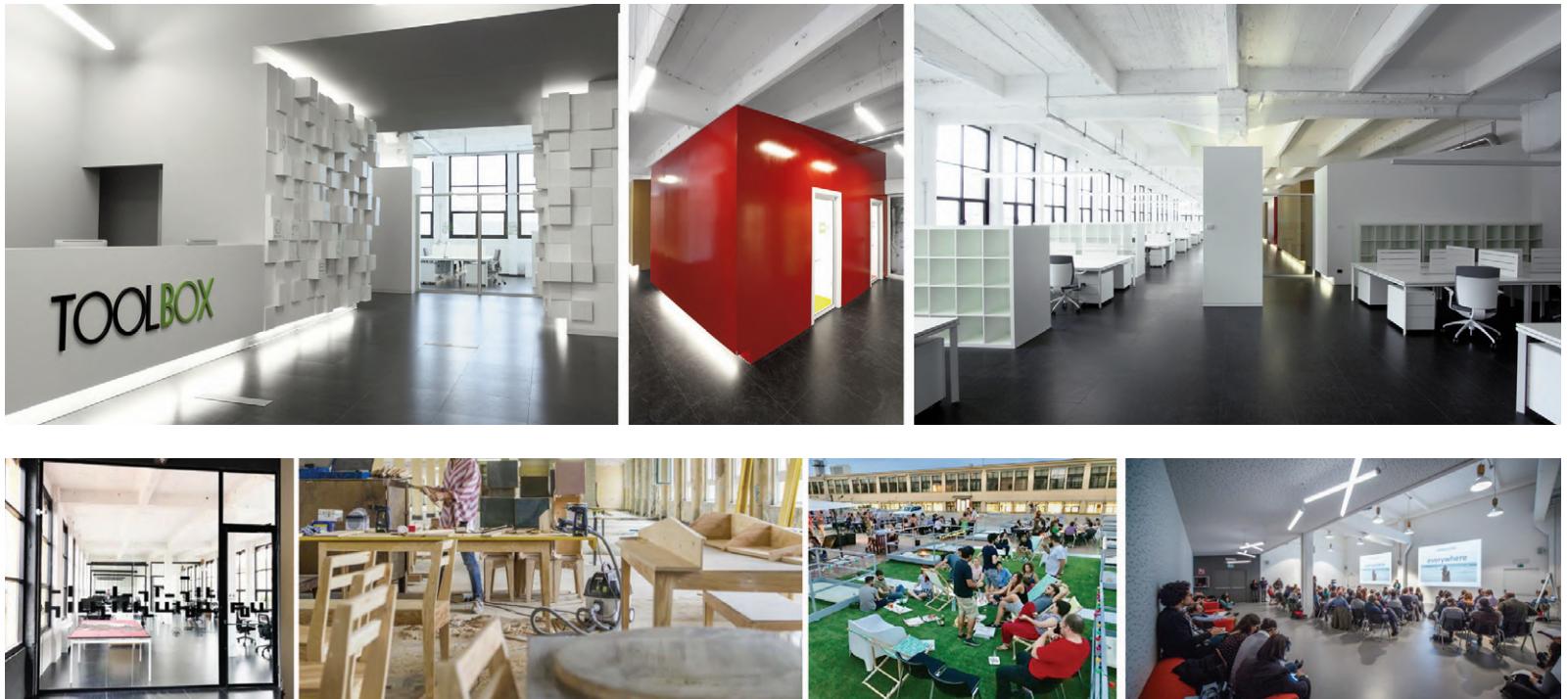


Fig. 7 | WDN applied on Toolbox, scheme phase 1-2 and massing model (credits: C. Tiazzoldi, 2002, 2011).



**Fig. 8** | 'Toolbox Office Lab and Coworking', phase 3, built (credits: S. Pelli di Persano, 2010).

**Fig. 9** | 'Toolbox Office Lab and Coworking' further developments: 'Full Future Development Urban Legacy' Lab of the Polytechnic of Torino (credit: M. Rapelli, 2017); Fab Lab (credit: C. Griffa, 2012); Toolbox rooftop; Auditorium below the sqm 6,000 cement platform (credit: Toolbox, 2013).

introduction, Michael Speaks (1995, p. ix) affirms that «Cache envisages a universe where objects are not stable but may undergo variations». The variation idea recalls the Deleuzian concept of 'difference and repetition': «Normally, difference is conceived of as an empirical relation between two terms which each has a prior identity of its own ("x is different from y"). Deleuze inverts this priority: identity persists but is now a something produced by a prior relation between differentials ( $dx$  rather than not- $x$ )» (Smith and Protevi, 2018). By recalling Martí Aris's concept, 'type' – differently from style – describes differential features and establishes a 'classifier' of the different images.

**Weighted Dynamic Networks** | In the last 30 years, the development of digital tools permitted to implement the concept of repetition, variation and diversity to various disciplines. It became a powerful tool to explore difference without the economic impact of making several prototypes. The Architecture Non-Standard exhibition at the Pompidou Centre in Paris in 2003 (Migayrou, 2003) exposed the potential of the application of digital devices into architecture. Although, at the beginning of such experimentation, the profile was more speculative than practical. In the following years, the research on the field progressed in different directions – manufacturing, technical and formal. In this paragraph, the author will expose the Weighted Dynamic Networks (WDN) methodology – based on nodal software such as Maya, Grasshopper – developed as a co-founder and Director of the research Lab Non-Linear Solutions Unit at Columbia University.

Nodal software permits to connect 3D modelling data and to manipulate a file according to a given set of attributes (Fig. 1a). They are usu-

ally applied to animations for cartoons, movies, and advertisements. By applying such tools, it is possible to create the movement of the characters, to simulate a fire, a tsunami, etc. They permit to dynamically connect item to item, enabling them to evolve over time. In Mastering Autodesk Maya 2016, Palamar (2016) describes how pin constraints permit to connect two volumes with a dynamic relationship. Pin constraints link two or more rigid bodies. By defining the connection length, the level of attraction or repulsion between two or more elements and by setting some attributes such as strength, distance, compenetration, positive and negative mass, and an initial position, it is possible to create a relationship-based evolutive model. Pin constraints (used for example to simulate links in a chain or robotic arm) can connect 'active bodies' and 'passive bodies' (Palamar, 2016; Fig. 1b): while 'active bodies' have the faculty to move in space, 'passive' ones never change their status.

It is also possible to apply the method of pin constraints to architecture, referring to a particular volume to specific architectural and urban standards (Neufert, 2013) or regulations. For example, 'compenetrating attributes' can be understood as spatial compatibility between functions: a kitchen is compatible with a dining room and a living room, however, it is not compatible with a bathroom. Compenetrating volumes allow to combine activities and spaces by reducing or increasing surfaces and positions. Eventually, but not necessarily, pin constraints can be removed by the designer. Figure 1c represents an Autodesk example. The volumes are 'active rigid bodies' and are connected by pin constraints and converge in a unique area. The pin constraints have a rigidity and a length that can approach or distance

bodies one from each other according to the inputs and attributes inserted by the modeler. Unlinked volumes move independently. In this specific figure, the designer attributed a negative charge to the mass rather than a positive, therefore, volumes repel each other.

This example of relationship between masses is also applicable to the various design scales: parks and waterways are 'active bodies' on the landscape scale, as well as the surrounding streets and buildings at the urban one, while they are not on the architectural scale; in interior design, the external perimeter is invariable and therefore is a 'passive body'.

**Creative Reductionism Models Implementation** | The evaluation of the potential use of pin constraints and nodal-based software leads to the exploration of the limit between the deterministic parts of the modelling process and the subjective ones. Differently from the deterministic approach (Wolfram, 2002; Schumacher, 2009, 2016), WDN requires a subjective decision-making process. According to the Nobel Prize Ilya Prigogine (1980), the transition from the determinist paradigm to the science of complexity implies a radical attenuation of the distinction between hard sciences (mathematics, physics) and soft sciences (biology, social sciences and architecture). Such a paradigmatic switch (Kuhn, 2012) blurred the limit between subjective and objective. In fact, after Boltzmann, Poincaré, Einstein, sciences became subjective 'per se'. Hence it is necessary to clarify the role of the scientist and designer in every modelling process, a form of 'creative reductionism' according to Holland's definition (Holland 1995, 2000; Dye and Flora, 2015).

'Creative reductionism' recalls Descartes (2014) and Deleuze (2004) methodological guide-

lines in the field of philosophy, Munari (1981) and Cache (1995) in architecture and design, Holland (1995), Prigogine (1980) and Bertuglia (Bertuglia and Vaio, 2005), in the field of sciences of complexity. The method can be considered as a balance between Descartes' rules and Deleuze's ones. For Descartes there are four rules: «[...] the first is to never accept anything for true which I did not clearly know to be such; that is to say, carefully to avoid precipitancy and prejudice, and to comprise nothing more in my judgement than what was presented to my mind so clearly and distinctly as to exclude all ground of doubt. The second, to divide each of the difficulties under examination into as many parts as possible, and as might be necessary for its adequate solution. The third, to conduct my thoughts in such order that, by commencing with objects the simplest and easiest to know, I might ascend by little and little, and, as it were, step by step, to the knowledge of the more complex; assigning in thought a certain order even to those objects which in their nature do not stand in a relation of antecedence and sequence. And the last, in every case to make enumerations so complete, and reviews so general, that I might be assured that nothing was omitted» (Descartes in Watson, 2020).

For Deleuze there are three rules: «1. Designation or denotation, which is the relation of a proposition to an external situation (theory of reference, with its criterion of truth or falsity). 2. Manifestation, which marks the relation of the proposition to the beliefs and desires of the person who is speaking (with its values of veracity or illusion). 3. Signification or demonstration, which is the relation of the proposition to other propositions (the domain of logic, with its relations of implication and assertion)» (Smith and Protevi, 2018).

When applied to cognitive sciences, 'creative reductionism' consists in analysing some of the environmental conditions and in translating them into adjustable elementary units: attributes and 'building blocks' – reusable categorical parts. According to Holland, it is possible to fragment a non-measurable item, into a set of numeric data and to identify the logic connecting them and transforming them, to change the non-measurable into something measurable «[...] trees, buildings, automobiles, other humans, specific animals, and so on. This quick decomposition of complex visual scenes into familiar building blocks is something that we cannot yet mimic with comput-

ers» (Holland, 1995, p. 24; Fig. 2a). In literature, Italo Calvino (1988) approaches his works with a form of creative reductionism; writing is 'reduced' into five properties: lightness, speediness, exactitude, visibility, and plurality.

When applied to Architecture and Design, 'creative reductionism' phase consists in decomposing a given reality into a set of elementary units: walls, windows, openings, slabs and their attributes such as thickness, length, and XYZ rotation, scale, position in addition to reflectivity, transparency, porosity and sound absorbance (Tiazzoldi, 2016). 'Creative reductionism' permits to approach a given problem by unfolding new fields of the measurable, an approach also shared by Bruno Munari (1981) when he refers to the four Cartesian rules to divide each of the difficulties under consideration into as many parts as possible and necessary for its adequate solution.

In the WDN methodology, it is therefore expected to 'reduce' or translate a problem into a series of spatial properties, transforming them into input-attributes (dimensions, thickness, transparency, colour, height, position in space, etc.) that can be manipulated and that determine the qualitative and quantitative performance of the project, and to 'compose' these elements according to a series of rules that establish a relation between them (rhythm, relative distance, repetition, rototranslation, etc.), all through the interfaces of the modeling software (Fig. 2b).

**Scale-less Napoleon case study** | The Napoleon Case, developed in 2001 in the educational context, implements the WDN to a historical sequence described in Max Gallo (1997) book: Napoleon – L'Empereur des Rois. The scheme represents a seven frames sequence of a set of active, or passive rigid bodies: two cubes and seven spheres. The grey cube is a passive rigid body and represents Napoleon's ambition to create his empire and dynasty. The text on the left-side of Figure 3 analyses with the WDN some historical data. The seven frames on the right-side represent this historical moment. The black cube represents Napoleon as an 'active rigid body' in the model – its position can vary in relation to the other objects. The spheres are 'active rigid bodies' and symbolize the different institutions or form of power (military, cultural, political, legal, religious, and genealogical). All objects can compenetrate the grey cube. Some of them have a gravity field and are connected with pin connections defined by their length and rigidity.

The sequence relates to the years 1806-1809. In 1806, Napoleon proclaimed himself Emperor of France; at that time, the only missing dowel to create his dynasty was an heir. At that time, Napoleon was married to Josephine Beauharnais from whom he could not have a child. At that time, the religion would not allow divorce. Therefore in 1809, Napoleon arrested the Pope, divorced from Josephine, and married Marie Louise. In 1809, he had a son: The King of Naples. The case study shows how WDN can also represent a historical moment by applying the criteria-based approach that we can find in the work of the French Historian Fernand Braudel (1953), one of the first historians to have applied, as Director of the French Historical Annals, a nodal-based historical reading.

**Implementation of WDN to architecture** | By taking as a reference one of the most classic design manuals Architects Data published in 1936 by Ernst Neufert (2013), it is possible to identify methodological similarities with the logic of 'difference and repetition', 'image classifier', repeatable component analysed in the previous paragraphs. The manual explores the multiscale design, approaching architecture from the 'nano' of the materials to the 'mega' of the city (Fig. 4), highlighting the relation between human body and space: typologies appear as a general scheme 'type' while specification always starts from ergonomics (for example, the distance between beds in a hospital related to machinery accessibility and medical assistance); furniture and operational space around them can be considered as the basic 'building blocks' and 'repeatable units'. The furniture aggregation and flow diagrams lead to more complex assembly up to the building. Rather than relating to building shapes, Neufert proposes relationship diagrams, 'bubble diagram' and vectors rather than fixed positions in space. In each chapter, Neufert firstly describes the specifications of a given 'type' – i.e. office buildings, hospitals, schools, housing, etc. – and then exposes some examples of schematic adaptations to the different sites: in this way, he creates an 'image classifier' or set of basic 'building blocks' suggesting how they could combine in different ways.

WDN applies the same Neufert methodology with a digital instrument intended to be heuristic rather than deterministic. Volumes and vectors are positive-negative mass, visible-invisible, compenetrating and non-compenetrat-

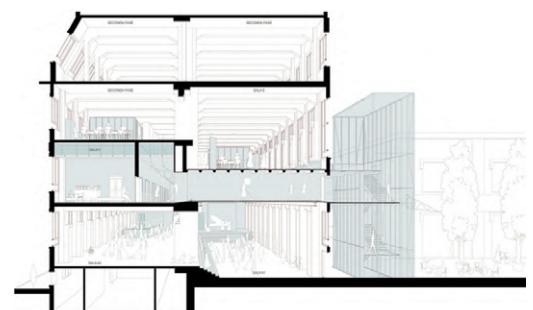
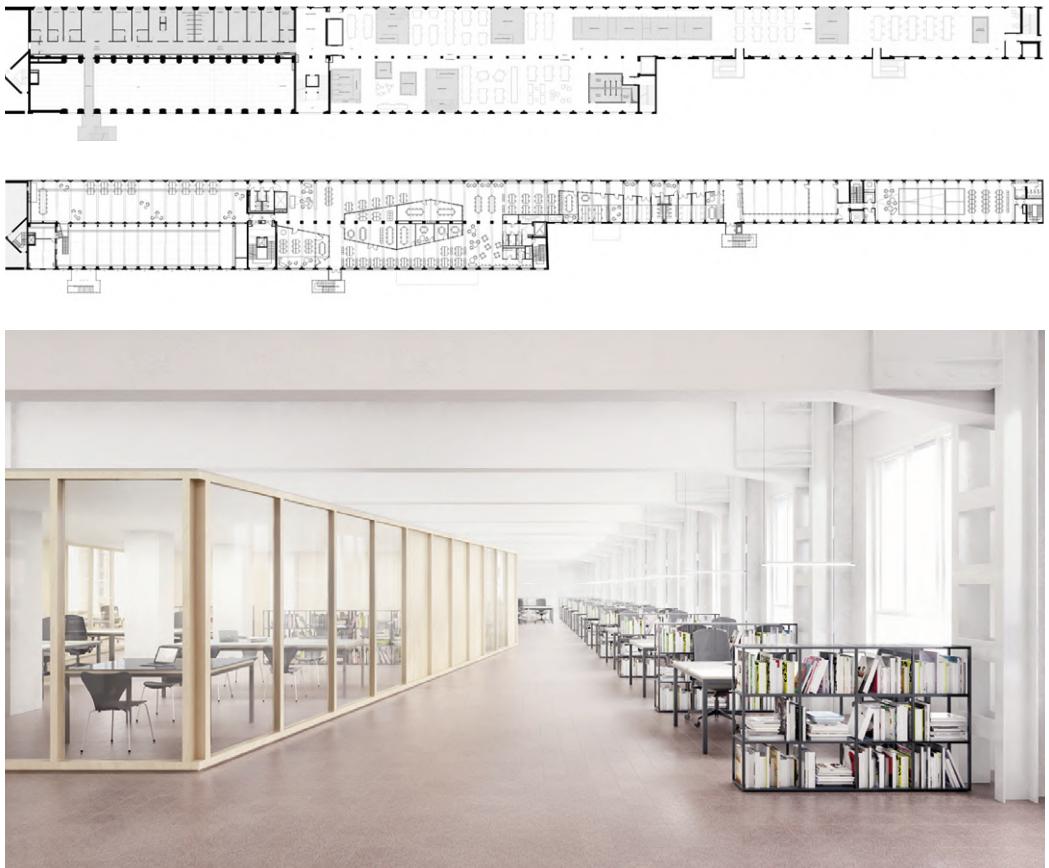


Fig. 10 | Base Milano by Onsite Studio and C. Tiazzoldi: historical aerial view (credit: Ansaldo); the entrance of the Ansaldi Building (credit: G. Silva); concept section (credit: Onsite studio).



**Fig. 11** | Base Milano by Onsite Studio and C. Tiazzoldi: original plan with polygon cubes as private offices (2015); final plan with private offices as a spatial articulator in the coworking space (2016); the final built result (credit: F. Romano, 2017).

ing items. They can or cannot change with security, topography, lighting, budget control and regulation; it is possible to visualize the consequences deriving from the variation of an attribute in all models.

**Toolbox Formerly Area OSI-Ghia in Torino: sqm 20,000** | The example of Toolbox formerly Area OSI-Ghia is one of the most relevant case studies developed by the author applying the WDN methodology. Located in the City of Turin, a sqm 20,000 industrial building designed to support the industrial and automobile factories such as Fiat and Lancia. In a second time, the building became offices centre, mostly for companies' secondary branches. In the late 90s, the economic recession forced most international firms to reduce the number of their offices and their employees.

In 1990 the owner requested the author, in collaboration with the architects Fogli and Melano, to work on a new proposal for the area. At that time, the owner settled a partnership with the owners of the surrounding buildings – including the European Institute of Design with a Mario Cucinella's project. They proposed to the City Hall a zoning modification. In that case, the plan was to redesign the five buildings entirely and to redistribute the values of the functions – mostly parking and tertiary – in residential, educational and residencies for students. The modelling of the concept was performed with the WDN: everything could change, including the streets of the area. Therefore, streets were modelled as 'active rigid bodies'. The only fixed constraints were a fast and firm con-

nection to the ground. In the model, residential units had a relatively flexible connection to the sky, represented by a flat, distant 'passive rigid body'. In that phase, the only substantial limitations – described in the model as passive rigid bodies – were a turnpike to access the area and an overpass. However, the proposal was excluded mainly due to the costs and the time uncertainty regarding the City Hall approval (Figg. 5, 6).

In 2002 the owner requested to test the feasibility of other solutions to be implemented only in his building. By using the idea of 'type', 'image classifier' and 'repeatable units', the author started a taxonomy of the 'generic spaces' that could fit the area: malls, multi-theatre cinemas or fitness centres. The owner met several possible investors such as Virgin Active and a movie theatre developer. Nevertheless, the issue of the turnpike would not fit the security requirements to allow a safe and rapid escape in case of fire. The lack of investors introduced other constraints set for the model: reuse of the existing building, budget control and a time-progressive development. At this point, the author developed a new model composed of different units which could interconnect in the future. The model was settled with a series of constraints represented as passive rigid bodies: the position of the streets, vehicle and walkable access, accessibility of the building by the three surrounding roads as well as the parts that were under a sqm 6,000 cement platform without natural light (Fig. 7).

The first operational phase started with the entry area of the IOS Office Centre by a 'light'

renovation of the Lobby. However, the author questioned the means of contemporary work-spaces. In fact, by considering that it is possible to work remotely from anywhere by using a laptop and a Wi-Fi network, why then should people need a workspace? In effect, after the first stage in which working at home appeared as a real alternative to the traditional working environment, people rediscovered the need for spaces dedicated to work. Office Spaces are mostly needed for three reasons: socializing, professionalism (in the eyes of other people but mostly in our own eyes), and the distinction between private and professional environments. The Toolbox design targets a new generation of professional architects, web designers, artists, lawyers, accountants, and independent contractors (Fig. 8).

Toolbox concept was derived by hybridizing traditional European workspaces – organized in small – and post-war American open space models. Toolbox attempts to invent a new approach to work. Toolbox was conceived of as a professional incubator, as a space in which the users can actively contribute to the definition of a new professional identity for Turin. From a modelling perspective and functional standpoint, the intervention consisted of transforming a traditional office (divided into rooms) into a vast open space with 44 individual workstations, interspersed with communal areas including meeting rooms, printer rooms and informal meeting spaces. The goal of this transformation was to keep the original industrial concrete structure as intact and visible as possible. The main building is divided into two parts: the side along the windows is used for co-working workstations, while on the opposite side, a corridor connects five enclosed boxes that contain functional services (kitchen, meeting rooms, mailboxes, cafeteria, etc.). The service areas have been conceived as 'working tools'. The secondary industrial building houses the lounge, cafeteria, and a relaxation area. In this newly developed area, the double concrete beams were left exposed while the service spaces (e.g. the cafeteria) were enclosed in functional boxes.

The adaptive design processes and WDN explored in the previous paragraphs review the process of re-use of industrial spaces. A closer reading of the Toolbox project leads to another dimension of the concept of 'difference and repetition' previously presented: it implemented a design method conceived to quickly respond to user and programmatic variations.

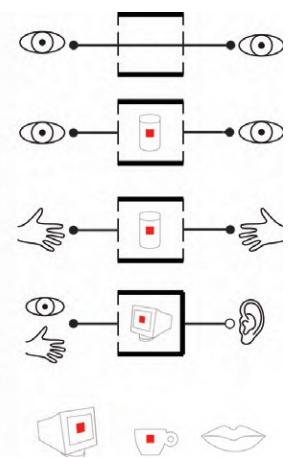
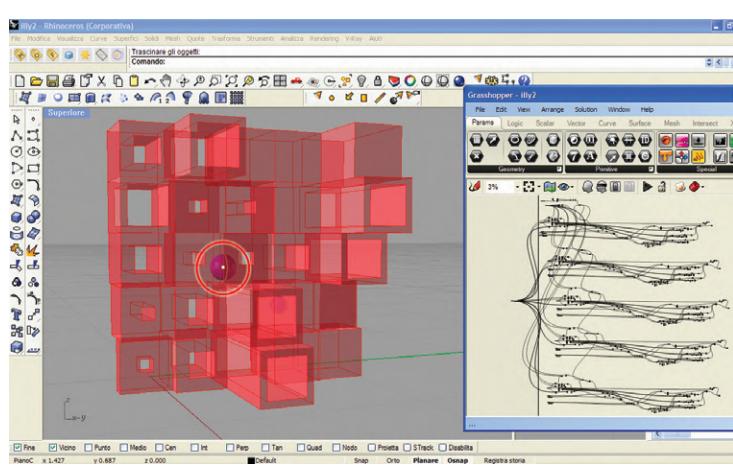
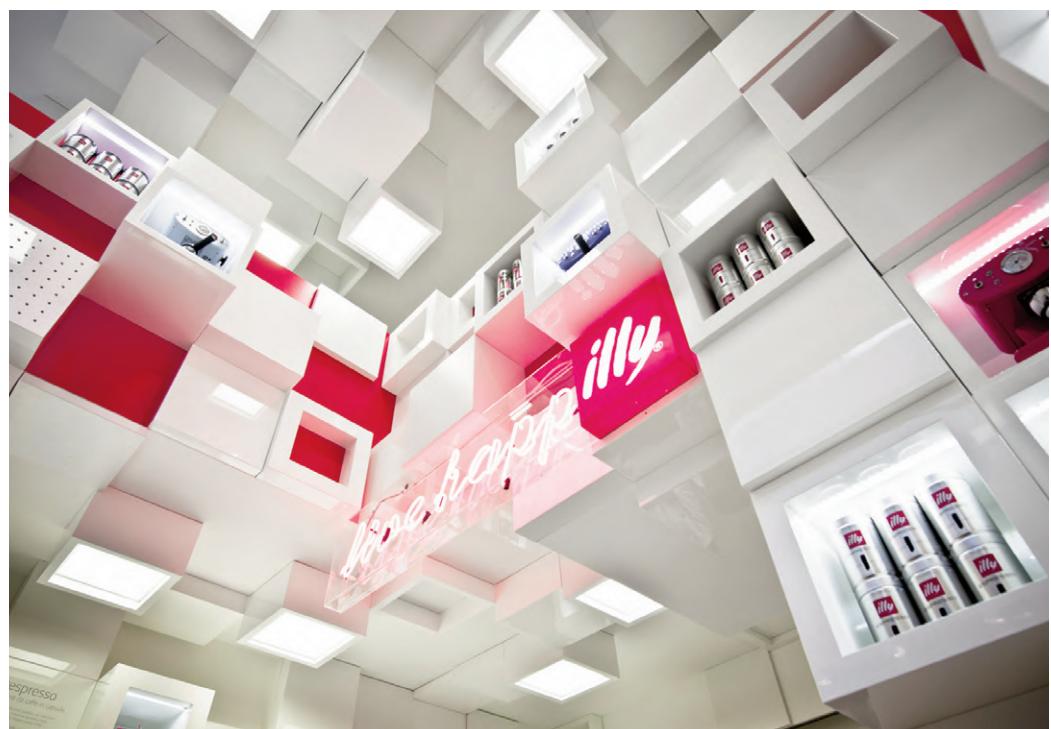
**Base Milano: smq 12,000** | Base Ex Ansaldo can be considered as a case of evolution or 'difference and repetition', a variation of the Toolbox Project. Considering the impact on the international press, national newspapers (Demurra, 2010), books (Chiòrino, Fassino and Milan 2015; Leydecker 2013), blogs, specialized magazines (Tiazzoldi, 2013), and University education (Ponchio and Cossa Majno di Capriglio, 2017), Toolbox can be considered as a new architectural 'type'. In effect, it created the base for a new organisation for the adaptive reuse of industrial buildings for the definition of fragmented functions and mixed

stakeholders. Furthermore, by recalling Prigogine's idea 'from being to becoming', it could be said that Toolbox represents an evolutionary design model, integrating new elements in time such as Fab Lab, Arduino, the Full Lab by the Politecnico di Torino, permitting the co-existence of different spaces for different business models, and being a prerequisite for participation in some public calls (Fig. 9).

The Plant started as a mechanical firm before being bought by Ansaldo in the 1960s, which is when the production of engines, train carriages and tramways began. The transformation that the production system underwent in the 1970s resulted in many abandoned factories, with whole plants lying empty. «In 1990 Milan City Council bought the Ansaldo complex and so began the area's process of development for educational purposes. In 1994 the Laboratori della Scala, the Scala Theatre workshops, moved into the complex, followed by MUDEC – Museum of Cultures, which opened in 2015. A public call for proposals in 2014 resulted in the remaining spaces being assigned to a group made up of Arci Milano, Avanzi, esterni, H+ and Make a Cube3, which then became a social enterprise in the form of a limited company. [...] Urban regeneration, joint planning, and innovation in the creative industries. Base is a project for cross-pollination between the arts, enterprises, technology, and social innovation. Our mission: to generate new reflections for 21st century cities, establish new connections between different arts, disciplines and languages, and boost Milan's status among the great capitals of creative production. Today the project is manifested in a sqm 12,000 space dedicated to exhibitions, performances, workshops, and conferences, with a large studio and artists' residence» (Base, 2014; Figg. 10, 11).

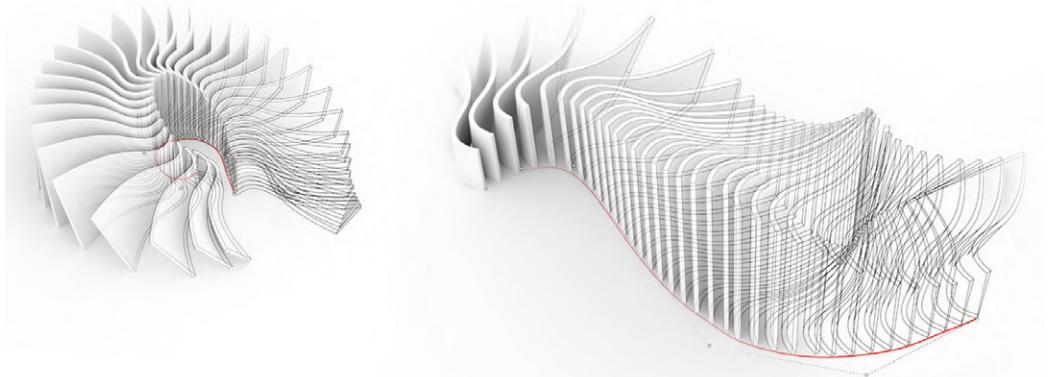
In 2016, the author was recruited as expert in hybrid spaces and creative hubs. Her expertise to work both at the architectural and interior scale in addition to the ability to manage the essential components of hubs and coworking components and to envisage the evolution of spaces about the possible development of the business model could offer support to the architecture firm Onsite. Professional Incubator or Hub Types often started with a quasi-public or no profit activities and evolve with profit activities and foundations. In Base Milano, each floor of the 300-meters long building could need to split to become rentable to different companies. Part of the work was to define where to locate the vertical and horizontal circulation, especially an external Schindler stair and an elevator using a consistent part of the budget.

In the Base case, the author applied the WDM mapping 'passive rigid bodies'; streets, accesses, and the first-floor space distribution were passive rigid bodies. In effect, the first floor presented a relevant source of income



**Fig. 12** | 'Illy Shop Milano' in Galleria San Carlo by C. Tiazzoldi (credits: F. Rizzo and L. Campigotto, 2011).

**Fig. 13** | 'Illy Shop Milano': WDN applied in the form-finding process connected to the product size (credit: C. Tiazzoldi, 2011).



due to the use as a temporary fair during the design and fashion week happening every year in Tortona area. The position of the stairs, the air conditioning machines – a volume of mc 260.00 – the cafeteria on the roof to rent for private parties, labs, loading elevators for heavy material, are all interconnected and working as active rigid bodies moving into space with different freedom gradients (Fig. 11). The com-penetrating bodies property has been applied to the integration between the Coworking and private spaces. By recalling the concept of 'creative reductionism', the form of private offices, originally conceived as polygon cubes connected to the windows, was redesigned. The cubes perimeters were initially designed with four points connected with lines and then extruded. The author proposed to add a control point to each line enabling the shape to move into space freely. The offices' rooms, rather than being cubes located along the walls as the original design, became space articulator shaping the common area. For example, the position of the control points was linked to the external and internal needs, such as narrowing transition space to create more privacy in some of the common parts.

**Illy Shop: smq 35** | The last case study engages the scale of the interior design. It is the Flag Ship Store of Illy S.p.A., located in Milano in Galleria San Carlo near the Duomo. Illy Shop is furnished with nothing but white cubes, scaled to fit coffee tins and espresso machines inside. «The concept for a reconfigurable store, characterized by different modulations of a single element, a 'cube' which has a 45x45 cm-squared base. The massing protocol is developed to fit the different size of the products and functions connected. A counter, tasting table and rubbish bins are also made from the cubes, as are lights affixed to the ceiling» (Frearson, 2011). With the WDN protocol, the massing of the space was conceived to expose different products and other functions. Developed with the Grasshopper, the external size of the cubes was settled as a passive rigid body while the internal one could vary in relation to the product size or the functions themselves (Kottas, McBride and Ferguson, 2014; Figg. 12, 13).

**Conclusions** | The illustrated case studies represent an opportunity to stimulate the debate on design methodologies. The Toolbox and Base Milano projects demonstrate that the WDN methodology, as a multi-scale heuristic tool to support design in the architecture and interior design sectors, is able to manage and simulate the evolution over time of a given space. Although nodal software and WDN are excellent tools for conceptual design, they have limitations. In complex and extensive projects, the weight of the file increases considerably, the model becomes difficult to manage and requires extreme simplification. Nevertheless, as in the last case, this methodology stud-

**Fig. 14** | 'Mathematical Belonging' in New York by C. Tiazzoldi and E. B. Duarte (credit: C. Tiazzoldi, 2018).

ies if appropriately used, can also work simultaneously at different scales.

The future research applications will address the implementation of the model into a multiscale approach from landscape to design: in this key the author presents the first experimentation on the eight large-scale public art sculptures in the newly renovated Starlight Park, in the Bronx New York (Fig. 14). The Bronx is one of the five NYC boroughs; it has the fourth-largest area, fourth-highest population, and third-highest population density. It is the only borough predominantly on the U.S. mainland. It was initially classified as a dangerous district, recognizable by low-income inhabitants and has been frequently associated with a critically social environment (abuse of drugs, alcohol, and prostitution). In the past twenty years, several initiatives were developed to create new projects based on education and art.

The eight sculptures, developed in collaboration with the Bronx River Art Centre and Khan Landscape firm, were distributed as a nodal system in the recreational area. The goal

was to develop a network of artworks permitting to move along the park and continuously see at least two sculptures at the same time. The system creates a visual continuity and makes the young families and other users feel a sense of safety. This condition permits to bring in and out the user's views, the nature of the park and remaining park landmarks now recollected and merged in a game of perspective. The curve of the structure permits to develop a feeling of belonging and to blend the Bronx community with sciences and the cityscape. Designed by the author with Eduardo Benamor Duarte, Mathematical Belonging is an artwork conceived with the WDN. The possibility to develop a relevant number of iterations and variations permitted to integrate several constraints: such as the distance between panels mitigating the need for visual transparency as well as the children accidents prevention, to control production and transportation costs, to simplify the project's assembly enabling the possibility to work with non-specialized personnel. Also, WDN permitted to de-

velop a variety of solutions from a counter desk for the BRAC Bronx River Art Centre events, as well as a small shelter and playground where people can enter and interact with the structure as a geometry learning platform, a non-orientable space, continuously revealing and recapturing while enhancing the presence of other people to form a community.

## References

- Base (2014), *Ex Ansaldo – Da industria a polo culturale*. [Online] Available at: base.milano.it/en/about/ [Accessed 17 May 2020].
- Bertuglia, C. S. and Vaio, F. (2005), *Nonlinearity, Chaos, and Complexity – The Dynamics of Natural and Social Systems*, Oxford University Press, New York.
- Braudel, F. (1953), *Civiltà e Imperi del Mediterraneo nell'età di Filippo II*, Einaudi, Torino.
- Cache, B. (1995), *Earth Moves – The Furnishing of Territories*, MIT Press, Cambridge (MA).
- Calvino, I. (1988), *Six Memos for the Next Millennium*, Harvard University Press, Cambridge (MA).
- Chiorino, C., Fassino, G. and Milan, L. (2015), "Toolbox, co-working, Turin", in *Turin – Architectural Guide*, DOM Publishers, p. 176.
- Deleuze, G. (2013), *Differenza e Ripetizione* [or. ed. *Différence et Répétition*, 1968], Cortina, Milano 2013.
- Deleuze, G. (2004), *La piega – Leibniz e il Barocco* [or. ed. *Le Pli – Leibniz et le Baroque*, 1988], Einaudi, Torino.
- Deleuze, G. and Guattari, F. (2017), *Mille Piani* [or. ed. *Mille Plateaux*, 1980], Orthotes, Nocera Inferiore.
- Demurta, A. (2010), "Il Design crea l'ufficio per professionisti freelance", in *Il Sole 24 ore*, newspaper, 15 April 2010 , p. 27.
- Descartes, R. (2014), *Discorso sul metodo* [or. ed. *Discours de la méthode*, 1637], Einaudi, Torino.
- Dye, A. and Flora, S. (2015), *Demystifying Architectural Research – Adding Value to Your Practice*, RIBA Publishing, Newcastle upon Tyne.
- Eisenman, P. (1999), *Diagram Diaries*, Thames & Hudson, London.
- Fearson, A. (2011), *Illy Shop by Caterina Tiazzoldi*. [Online] Available at: www.dezeen.com/2011/12/16/illy-shop-by-caterina-tiazzoldi/ [Accessed 27 May 2020].
- Gallo, M. (1997), *Napoléon – L'Empereur des Rois – Tome 3*, Robert Laffont, Paris.
- Holland, J. H. (2000), *Emergence – From Chaos to Order*, Oxford University Press, Oxford.
- Holland, J. H. (1995), *Hidden Order – How Adaptation builds complexity*, Addison-Wesley, New York.
- Koolhaas, R. and Mau, B. (1995), *S,M,L,XL*, The Monacelli Press, New York.
- Kottas, D., McBride, E. and Ferguson, N. (2014), *Digital Architecture – New Application*, Links International, Barcelona.
- Kuhn, T. S. (2012), *The Structure of Scientific Revolutions*, 50th Anniversary Edition, The University of Chicago Press, Chicago.
- Leydecker, S. (2013), *Designing Interior Architecture – Concept, Typology, Material, Construction*, Birkhäuser, Basel.
- Le Corbusier (1925), *Urbanisme*, Les Editions G. Crès & Cie, Paris.
- Livi, R. and Rondoni, L. (2006), *Aspetti elementari della complessità*, CLUT, Torino.
- Lynn, G. (1988), *Folds, Bodies and Blobs – Collected Essays*, La Lettre Volée, Brussels.
- Martù Aris, C. (1993), "Tipo", in Semerani, L. (ed.), *Dizionario critico illustrato delle voci più utili all'architetto moderno*, C.E.L.I., Faenza, pp. 183-194.
- Migayrou, F. (2003), *Architecture non standard*, Centre Pompidou, Paris.
- Munari, B. (1981), *Da Cosa Nasce Cosa*, Laterza, Milano.
- Neufert, E. (2013), *Enciclopedia pratica per progettare e costruire* [or. ed. *Bauentwurfslehre*, 1936], Hoepli, Milano.
- Nicolis, G. and Prigogine, I. (1992), *À la rencontre du complexe*, Presses Universitaires de France, Paris.
- Palamar, T. (2016), *Mastering Autodesk Maya 2016*, Sybex-John Wiley & Sons, Indianapolis.
- Ponchio, G. and Cossa Majno di Capriglio, F. (2017), *Urban trigger – Requalification of the industrial area ex O.S.I.-Ghia in Turin*, Honor thesis, Degree in Sustainability Design, Tutor Ambrosini, G., Co-tutor Tiazzoldi, C., Polytechnic of Torino.
- Prigogine, I. (1980), *From Being to Becoming – Time and Complexity in the Physical Sciences*, W. H. Freeman, San Francisco.
- Schumacher, P. (ed.) (2016), *Parametricism 2.0 – Rethinking Architecture's Agenda for the 21st Century*, John Wiley & Sons, London.
- Schumacher, P. (2009), "Parametricism: A New Global Style for Architecture and Urban Design", in *AD – Architectural Design / Digital Cities*, vol. 79, n. 4, pp. 14-23. [Online] Available at: www.academia.edu/11854283/Parametricism\_A\_new\_global\_style\_for\_architecture\_a
- nd\_urban\_design [Accessed 13 May 2020].
- Smith, D. and Protevi, J. (2018), "Gilles Deleuze", in *Stanford Encyclopedia of Philosophy*, first published May 23, 2008; substantive revision February 14, 2018. [Online] Available at: plato.stanford.edu/entries/deleuze/ [Accessed 13 May 2020].
- Speaks, M. (1995), "Folding toward a New Architecture", in Cache, B., *Earth Moves – The Furnishing of Territories*, MIT Press, Cambridge (MA), pp. xiii-xix.
- Tiazzoldi, C. (2018), "Capturing the Intangible", in Seražin, H., Franchini, C. and Garda, E. (eds), *Women's Creativity since the Modern Movement (1918-2018) – Towards a New Perception and Reception*, Založba ZRC, Ljubljana, pp. 669-679.
- Tiazzoldi, C. (2016), "Combinatorial Architecture – Methods for the creation of ambiance in public space", in Rémy, N. and Tixier, N. (eds), *Ambiance Demain / Ambiance Tomorrow – Vol. 02 – Proceedings of 3rd International Congress on Ambiances, September 2016, Volos, Greece*, International Ambiances Networks and University of Thessaly, pp. 865-872. [Online] Available at: hal.archives-ouvertes.fr/hal-01414073/document [Accessed 13 May 2020].
- Tiazzoldi, C. (2013), "Toolbox Office Lab, Torino Italy", in *World Architecture*, Torino. Sustainable Practices vol. 5, pp. 82-87.
- Wolfram, S. (2002), *A New Kind of Science*, Wolfram Media, Champaign.
- Watson, R. A. (2020), "René Descartes – French Mathematician and Philosopher", in *Encyclopaedia Britannica*. [Online] Available at: www.britannica.com/biography/Rene-Descartes [Accessed 27 May 2020].

## PROGETTO AMBIENTALE ED ESPERIENZE MULTISENSORIALI

Spazio integrato per attività di simulazione

## ENVIRONMENTAL DESIGN MULTISENSORY EXPERIENCE

Integrated space for simulation activities

Stefania Palmieri, Mario Bisson, Alessandro Ianniello

### ABSTRACT

Il Laboratorio EDME, istituito all'interno del Politecnico di Milano, è il primo risultato di un percorso di integrazione multidisciplinare, che sintetizza relazioni multisensoriali, delineanti l'identità di strumento d'indagine, interpretazione e rappresentazione di scenari esperienziali. Il modello generato integra in uno spazio fisico tecnologia ICT innovativa e materiali di ultima generazione, per svolgere ricerche che coinvolgano simulazioni di attività e interazioni complesse, e previsioni sugli aspetti percettivi e di controllo digitale degli ambienti dove tali attività vengono svolte. Il presente contributo, attraverso due progetti di ricerca, evidenzierà come la ricerca abilitata possa portare all'ideazione di metodologie e alla realizzazione di applicazioni innovative; i risultati raggiungibili rispondono alle esigenze dei sistemi di rilevazione e di simulazione degli aspetti percettivi e dei sistemi di interazione ambientale.

The EDME Laboratory, established within the Polytechnic of Milano, is the first result of a path of multidisciplinary integration, which synthesizes multisensorial relationships, outlining the identity of an instrument of investigation, interpretation and representation of experiential scenarios. The generated model integrates with a physical space innovative ICT technology and materials of the latest generation, to carry out research involving simulations of complex activities and interactions, and predictions on the perceptual and digital control aspects of the environments where such activities are carried out. This contribution, through two research projects, will highlight how qualified research can lead to the creation of methodologies and the implementation of innovative applications; the achievable results meet the needs for systems able to detect and simulate perceptual aspects and for systems of environmental interaction.

### KEYWORDS

ambiente, design, multisensorialità, esperienza, multidisciplinarità

environment, design, multisensory, experience, multidisciplinarity

**Stefania Palmieri**, PhD, is a Professor and Researcher in Industrial Design at Polytechnic of Milano. She is in charge of Relations with Companies and Professions for the School of Integrated Product Design. Her activity aims at establishing collaborations with the production world and is aimed at creating synergies between University and Business. Mob. +39 335/67.59.314 | E-mail: stefania.palmieri@polimi.it

**Mario Bisson**, Architect, is an Associate Professor at the Design Department of the Polytechnic of Milano. He is the Scientific Director of the Interdepartmental EDME Laboratory and Colour Laboratory of the Polytechnic, the Scientific Director of MDA and a Member of the Board of Directors of PoliDesign scrl. Mob. +39 331/72.65.620 | E-mail: mario.bisson@polimi.it

**Alessandro Ianniello**, Designer of the Product for Innovation, is a Tutor at the Design Department of Polytechnic of Milano, and a Project Researcher at UPO SIMMOVA. Mob. +39 338/53.81.248 | E-mail: alessandro.ianniello@polimi.it

Gli ambienti che abitiamo e nei quali interagiamo sono definiti dall'intreccio di spazi, fisici e immateriali, e tempo storico, sociale e tecnologico, che ne delineano le caratteristiche e le differenti morfologie. Riprendendo studi pregressi (Benford et alii, 1998), è interessante individuare la tassonomia di questi spazi, basandosi sui principi di artificialità, trasporto e spazialità (Figg. 1-3). Gli spazi miscelati possono essere suddivisi in quattro grandi categorie: realtà fisica, realtà aumentata, tele-presenza e realtà virtuale che, in alcuni casi, possono coesistere. Si può affermare quindi che è possibile effettuare una transizione, bidirezionale e costante, dalla scala fisica (che rappresenta il contenitore) a quella digitale (che invece costituisce il contenuto). Le interazioni tra cose e persone, ma ugualmente quelle esistenti con gli ambienti stessi, nascono da azioni che generano esperienze formative; di conseguenza, la somma delle interazioni delinea una dimensione pratica che permette il passaggio a una scala conoscitiva, la quale, a sua volta, è in grado nuovamente di stimolare la pratica.

Il feedback percettivo che ci viene restituito da ciò che compiamo in un ambiente è indissolubilmente legato ai cinque sensi di cui siamo dotati: la multiscalarità diventa qui evidente nella generazione di interpretazioni a partire dalla dimensione sensoriale. Si caratterizza quindi come elemento fondamentale la strutturazione di un modello, proattivo e innovativo, fruibile in un contesto di ricerca, sia di base che applicata, e di business, in grado di gestire saperi verticali, immersi e operanti all'interno di una rete di conoscenza interdisciplinare e condivisa.

Il Laboratorio EDME (Environmental Design Multisensory Experience), istituito all'interno dell'Ateneo del Politecnico di Milano, è il primo risultato di un percorso d'integrazione multidisciplinare che sintetizza, in un'ottica sistematica, le relazioni multiscalari che concorrono a delinearne l'identità complessa di strumenti d'indagine, d'interpretazione e di rappresentazione di scenari esperienziali. Il paper metterà in evidenza come la ricerca possa portare all'ideazione di nuove metodologie applicative e alla concettualizzazione e realizzazione di applicazioni oltre lo stato dell'arte; i risultati raggiungibili rispondono alle esigenze, sempre più emergenti, di nuovi sistemi di rilevazione e di simulazione degli aspetti percepibili, di nuovi materiali e di nuovi sistemi di interazione ambientale.

**Dalla scala fisica alla dimensione digitale** | La prima delle relazioni multiscalari su cui è stata fondata la progettazione del Laboratorio EDME, e che ne definisce la dimensione ambientale, è quella che intercorre tra lo spazio fisico e quello digitale. La realtà mista<sup>1</sup> può esistere in diverse forme, come affermano Millgram e Kishino (1994), da spazi fisici aumentati digitalmente a spazi digitali aumentati fisicamente. Benford et alii (1998, 2009) hanno teorizzato gli 'spazi promiscui', come unione della dimensione fisica e digitale. Gli spazi miscelati (Fig. 4) sono ambienti di realtà mista, all'interno dei quali intercorre una relazione attentamente progettata tra il mondo reale e quello digitale, generata da alcuni dei contenuti o dall'accesso ad essi (Benyon, 2012). Lo spazio fisico può es-

sere definito come l'insieme di oggetti che lo abitano, le relazioni topografiche che intercorrono tra essi, le persone che agiscono all'interno dello spazio. Lo spazio digitale può essere descritto per mezzo della sua ontologia e topologia, degli agenti in esso e dell'abilità di mutazione dello stesso (Benyon, Mival and Ayan, 2012).

Sviluppando concetti precedenti (Lakoff and Johnson, 1999), Fauconnier e Turner (2002) affermano che la cognizione possa essere intesa come spazio mentale e definiscono il proprio concetto di 'spazio miscelato', determinando l'esistenza di quattro domini, le cui interrelazioni generano un nuovo ambiente che riceve parte della struttura dei domini, ma ne sviluppa una peculiare, con logiche emergenti. In relazione a questi ambienti, il ruolo del designer è quello di progettare valide esperienze, sfruttando in maniera intuitiva e naturale le caratteristiche degli spazi, da concepire come luoghi in grado di creare significato (Benyon, Mival and Ayan, 2012). I progettisti devono comprendere le opportunità che essi creano, tradurre in modo proficuo la loro miscela e capirne l'origine e le caratteristiche.

Un rapporto fondamentale, che è stato alla base della progettazione del Laboratorio EDME, nell'interazione tra spazio fisico e digitale, è l'abilità di quest'ultimo di restituire 'fotografie' dello spazio fisico, degli oggetti e delle persone presenti al suo interno, oltre che a rendere fruibili diverse tipologie di contenuti, digitalizzandoli e inserendoli in uno spazio miscelato. In questo senso, diventa vitale il coinvolgimento di figure provenienti dall'area dell'Ingegneria Elettronica e Informatica, al fine di realizzare sistemi integrati di tecnologie e di mettere in comunicazione, tramite la scrittura di software dedicati, i diversi device e strumenti che concorrono a delineare l'ecosistema tecnologico necessario. Nel caso specifico del Laboratorio EDME, la connessione con il settore dell'Ingegneria Elettronica ed Informatica ha consentito la realizzazione di un'interfaccia digitale capace di controllare e gestire le attività svolte all'interno degli spazi, attraverso l'attivazione di specifici device (videoproiettori, sensori ed attuatori).

**Dalla scala pratica alla conoscenza** | Il secondo vettore che si vuole prendere in analisi è quello che congiunge la pratica con la conoscenza. In diversi settori la pratica del 'learning by doing' è una delle metodologie più utilizzate per formare i professionisti, per impartire una certa tipologia didattica e affrontare determinati percorsi di ricerca. In questo caso, il discente vive un'esperienza diretta che può essere definita come contatto sensoriale con i risultati delle azioni (Reese, 2011). Diversi autori hanno evidenziato il maggiore potenziale dell'apprendimento attivo nei confronti di quello passivo; la lettura di settore nota questo fenomeno a partire dalla fine degli anni '60: Edgar Dale (1969), basandosi sugli studi e l'esperienza di John Dewey<sup>2</sup>, elabora la teoria del 'cono dell'apprendimento' (Fig. 5), che mette in luce come il coinvolgimento attivo contribuisca a ricordare con profitto un'elevata percentuale di quanto abbiamo detto o scritto (70%) e di quanto abbiamo deciso e fatto (90%). Alcuni autori

(Baukal, Ausburn and Ausburn, 2013) hanno sviluppato una propria interpretazione del cono dell'apprendimento di Dale, focalizzandosi sui media corrispondenti alle diverse forme di apprendimento (dall'Astrazione, dall'Osservazione, dal Fare), ed evidenziato come la realtà virtuale – e aggiungiamo, aumentata e mista – sia il mezzo migliore per applicare la metodologia presentata (Fig. 6).

Gli spazi di EDME permettono di mettere in pratica con profitto la metodologia del 'learning by doing' e, grazie alle implementazioni tecnologiche al proprio interno, di attivare e abilitare pratiche di allenamento e didattica innovative che consentono l'accesso a percorsi di formazione altrimenti difficilmente riproducibili, se non con l'impiego di importanti mezzi. In questo caso è risultata vitale l'integrazione di saperi provenienti dall'Ingegneria Meccanica, per la definizione dei requisiti che gli ambienti devono presentare e per la progettazione degli strumenti e gli oggetti fisici necessari (sensori e attuatori) a raggiungere tali obiettivi. Un esempio è dato dalla possibilità d'interagire direttamente con le pareti della stanza tramite il tatto, ottenuta integrando sistemi di rilevazione di movimento e sensori a infrarossi. Grazie alle conoscenze provenienti dalla Ingegneria Meccanica è stato possibile attivare processi conoscitivi ed esperienziali a partire dalla dimensione pratica del fare.

**Dalla percezione attraverso i sensi all'interpretazione** | I cinque sensi sono il primo mezzo in nostro possesso, in grado di fornire un'interpretazione della realtà. Dato l'obiettivo del Laboratorio EDME, la multisensorialità è stata presa in considerazione come caratteristica fondamentale per il sistema. Per ambiente multisensoriale s'intende uno spazio o una stanza dove la stimolazione sensoriale può essere controllata, intensificata o ridotta, e concentrata su uno o più sensi. I recenti avanzamenti nel settore di sistemi interattivi e dei device sensoriali aprono a innovative possibilità nell'ambito della user experience<sup>3</sup>. Spazi che consentono una stimolazione multisensoriale risultano essere più efficaci di protocolli mono-sensoriali (Fig. 7), perché in grado di approssimare meglio il setting naturale e, quindi, produrre una metodologia di apprendimento più rapida.

In generale, i meccanismi percettivi e cognitivi si sono evoluti e ottimizzati per processare segnali multi-sensoriali e, conseguentemente, la loro comprensione e memorizzazione sono state inevitabilmente favorite da ambienti in grado di coinvolgere la nostra sensorialità (Shams and Seitz, 2008). Secondo Bangura (Norman, 2004), il design deve confrontarsi con la soggettività dell'esperienza e con il modo in cui i singoli individui fanno esperienza delle cose. In EDME, oltre alla componente visiva e uditiva, è possibile ricevere stimolazioni sensoriali nel campo del tatto e dell'olfatto. Ancora una volta, sono risultati fondamentali i contributi dalle aree dell'Ingegneria Meccanica per la progettazione e l'integrazione di sistemi aptici, e dell'Ingegneria Chimica e dei Materiali nella realizzazione di superfici e texture esplorabili, e di riproduzione di determinati stimoli chimici legati al senso dell'olfatto.

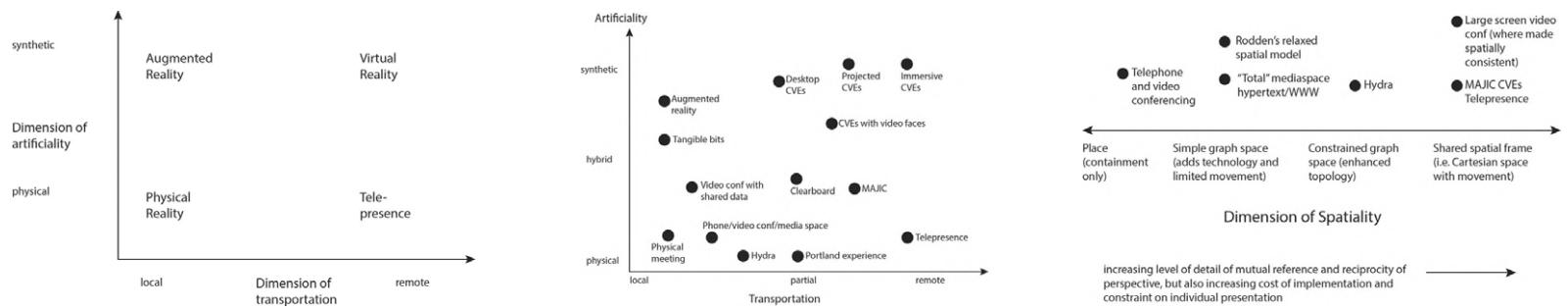


Fig. 1 | Broad classification of shared spaces according to transportation and artificiality (credit: S. Benford, 1998).

Fig. 2 | Detailed classification of shared spaces according to the dimensions of transportation and artificiality (credit: S. Benford, 1998).

Fig. 3 | Classification of shared spaces according to the dimension of spatiality (credit: S. Benford, 1998).

**Stato dell'arte** | Il concetto di spazio multisensoriale viene teorizzato da diversi decenni, ma è solo dal 1992 che ha visto nascere applicazioni in diversi settori. Cruz-Neira et alii (1992) hanno presentato presso l'Università di Chicago il primo Cave Automatic Virtual Environment (CAVE), un sistema che consente di proiettare immagini su un massimo di sei pareti: con il supporto di un audio surround, il sistema genera uno spazio immersivo, dove gli utenti interagiscono con la realtà virtuale attraverso dei controller e senza ricorrere all'impiego di visori (Fig. 8). Di seguito verranno presentati alcuni Centri altamente innovativi che operano e ricercano nel campo degli ambienti multi-sensoriali.

Il Multisensory Experience Lab dell'Università Aalborg in Danimarca (Fig. 9) si occupa di ricerca nel campo della realtà virtuale, della realtà aumentata e dell'esperienza multisensoriale. La ricerca condotta in questi spazi si focalizza su tre grandi aree tematiche: miglioramento e innovazione delle tecnologie immersive esistenti; applicazione di specifiche tecnologie per permettere il potenziamento sensoriale; esplorazione di nuove forme di espressione artistica e preservazione del patrimonio culturale mediante tecnologie immersive. Altre aree di interesse sono legate al settore dell'educazione e della sanità. Il Laboratorio si dota, tra le diverse tecnologie, di visori per la realtà virtuale e aumentata: ciò rappresenta un elemento di discontinuità rispetto al Laboratorio EDME, dove viene prediletta una forma d'immersione meno invasiva, raggiunta tramite un'alta quantità di stimoli multisensoriali, per la complessità delle azioni effettuate e per il numero elevato di persone che possono interagire all'interno degli spazi.

Un altro esempio di Laboratorio di ricerca multisensoriale è PERCRO (Fig. 10), istituito presso il TeCIP dell'Università Sant'Anna di Pisa, che si occupa di concepire e sviluppare soluzioni per forme d'interazione avanzata, al fine di favorire la comunicazione tra l'essere umano e gli ambienti simulati, focalizzandosi principalmente sulle tecnologie della realtà virtuale e della tele-robotica. La ricerca svolta all'interno del Laboratorio è incentrata sulla realizzazione di sistemi di automazione intelligenti, lo sviluppo d'interfacce uomo-macchina e di sistemi di visualizzazione dei contenuti. Il Laboratorio si sviluppa come un sistema CAVE. I campi di applicazione di maggiore importanza per il Laboratorio sono relativi al mondo industriale, e in

particolare all'erogazione di training e addestramento, all'area della teleconferenza immersiva e allo sviluppo di tecniche interattive e non invasive per acquisire immagini di opere d'arte e per fruire di questo tipo di contenuti.

Rispetto alla ricerca sull'interazione tra uomo e macchina, il Laboratorio sviluppa soluzioni relative all'area della stimolazione aptica, della robotica e degli esoscheletri, dei biosegnali e della disabilità visiva. Infine, le attività svolte in ambito di automazione dei sistemi si appoggiano su tre linee principali: sistemi per il trasferimento e il monitoraggio delle abilità umane, sistemi intelligenti per la navigazione semiautonoma e sistemi per il controllo degli impianti industriali. Il Laboratorio PERCRO presenta diverse affinità con il Laboratorio EDME, sia per l'architettura del sistema abilitante che per le aree di ricerca investigate. Di seguito verranno presi in considerazione due progetti realizzati in collaborazione tra alcuni componenti del team di ricerca del Laboratorio EDME e altri Enti di ricerca universitaria, che mettono in evidenza l'efficacia di un approccio metodologico progettuale multidisciplinare e le possibilità di progettazione offerte da ambienti multi-sensoriali, immersivi e miscelati.

**Magika** | Il primo progetto presentato è Magika (Gelsomini et alii, 2019), realizzato all'interno del progetto LuDoMI, che coinvolge quattro Dipartimenti del Politecnico di Milano – Elettronica, Informazione e Bioingegneria; Meccanica; Design; Chimica, Materiali e Ingegneria Chimica – cofinanziato dal Comune di Cornaredo e supportato da Poli Social Award 2017 (Fig. 11). Il progetto si basa sui principi d'interpretazione della cognizione dei soggetti che presentano uno spettro di autismo e dei processi d'integrazione sensoriale, necessari a creare stimoli adatti a questi particolari soggetti. La ricerca è stata condotta a partire dalle stanze multisensoriali chiamate 'Snoezelen', già presenti in diversi Istituti scolastici sul territorio italiano, con l'obiettivo di superarne i limiti tra cui la scarsa integrazione tra i diversi device e gli strumenti abilitanti, e l'impossibilità di controllare lo spazio digitalmente e di personalizzare gli stimoli in base alle necessità, fattori che producono esperienze ripetitive e poco adatte a gruppi numerosi di persone. La ricerca condotta dal Dipartimento di Ingegneria Elettronica ed Informatica, si è quindi focalizzata sull'individuazione di tecnologie digitali che potessero

superare queste limitazioni, rendendo l'ambiente responsivo e intelligente. Una volta individuate, si è proceduto con la realizzazione di un software che potesse effettivamente metterle in comunicazione e che offrisse agli insegnanti la possibilità di interazione con la stanza.

La ricerca effettuata dai Dipartimenti di Ingegneria Meccanica e di Ingegneria Chimica e dei Materiali è stata condotta al fine di individuare quelle strumentazioni e device che potessero attivare fisicamente la stimolazione sensoriale: è stato così progettato un sistema integrato di oggetti e attuatori, in grado di coinvolgere i sensi della vista, dell'udito, del tatto e dell'olfatto. Parallelamente a questi studi, il Dipartimento di Design si è occupato della progettazione fisica dell'allestimento spaziale e dell'esperienza dell'utente, realizzando le interfacce front end per il software disegnato. Un altro ruolo fondamentale che il Dipartimento di Design ha avuto è stato quello di condurre delle sedute di co-progettazione, riguardanti gli aspetti focali del progetto, a cui hanno partecipato i vari Dipartimenti e gli utenti finali: le sessioni hanno preso in considerazione le tipologie di stimolazione, i contenuti digitali e le attività praticabili all'interno della stanza. Il risultato della ricerca e delle prime sperimentazioni ha dato vita a Magika, un ambiente multisensoriale interattivo che abilita nuove forme di apprendimento ludico per bambini, e nello specifico quelli con bisogni educativi che presentano uno spettro di autismo.

Magika si configura come un CAVE e presenta al suo interno un sistema di tecnologie complesso che prevede: proiettori a parete; un sistema audio Dolby 5.1; una pavimentazione con texture particolari per stimolare il senso del tatto; una macchina per le bolle e una per la generazione di odori; un sistema di illuminazione portatile; un sensore Kinect per il movimento. Le attività praticabili al suo interno sono sette: giochi di associazione, per la memoria e la classificazione, una riproduzione del gioco battaglia navale, un guardaroba virtuale, un'attività di spesa alimentare e giochi immersivi. Gli obiettivi che il progetto vuole raggiungere sono: l'ottenimento di una sensazione di rilassamento e confidenza nei bambini; il miglioramento dell'abilità di ogni utente nel percepire e processare correttamente gli stimoli sensoriali percepiti; l'applicazione della metodologia del 'learning by doing', integrando scenari di apprendimento multimediali e stimoli soggettivi, provenienti

da diverse fonti; la stimolazione di un processo di inclusione contraria, nel quale siano i bambini con bisogni educativi particolari a includere gli alunni normodotati all'interno del processo di apprendimento e didattica.

Diverse sono le innovazioni apportate dal progetto allo stato dell'arte del settore di riferimento; tra le più importanti sono da segnalare la commistione tra multisensorialità e multimedialità, la possibilità di personalizzazione della configurazione spaziale, un approccio human centred e inclusivo, la capacità di ricreare scenari altamente immersivi, l'automazione e l'adattività. Il punto di forza del progetto è la smartificazione dell'ambiente che consente di progettare ed effettuare attività ad hoc per ogni utente e per suoi bisogni particolari. Ad oggi, Magika è stata installata all'interno di due Scuole elementari, presso il Comune di Cornaredo in provincia di Milano, coinvolgendo nelle sue attività circa 800 bambini e 60 insegnanti: i risultati ottenuti confermano una maggiore propensione all'apprendimento e al mantenimento delle nozioni sia nei bambini normodotati, che in quelli affetti da autismo. Ulteriori test e sperimentazione sono attualmente in atto.

**SIMLAB** | Frutto della collaborazione tra il Laboratorio EDME e il Centro Interdipartimentale UPO SIMNOVA (Fig. 12), SIMLAB (del quale si è conclusa una prima fase di analisi ricerca e concettualizzazione) prevede la realizzazione di uno spazio multisensoriale e immersivo per il training simulato di team di medici e professionisti del settore sanitario (Bisson, Ianniello and Palmieri, 2019). Al momento in cui è stata avviata la ricerca, il Centro SIMNOVA era già dotato di spazi – con finalità di training – che riproducevano gli ambienti delle sale operatorie o contesti di maxi-emergenza da svolgersi in spazi esterni. L'obiettivo della ricerca è la generazione di un sistema di linee guida per un modello di addestramento simulato che si basi sui principi dell'ergonomia, sull'utilizzo di tecnologia e strumentazioni innovative, sullo studio dei flussi, della prossemica e della comunicazione sensoriale.

La prima fase di ricerca, durata all'incirca due mesi, ha previsto la visita del team di designer presso gli spazi operativi del Centro SIMNOVA, in occasione di sessioni di training curriculari e dell'evento SIMCUP, una competizione annuale che riunisce diversi team di discenti e li vede occupati in attività di simulazione. Durante le visite è stato quindi possibile assistere e comprendere come il Centro gestisca le suddette, quali siano gli obiettivi previsti, quale debba essere l'esperienza dell'utente e quali le strumentazioni necessarie per permettere una pratica efficace. Oltre a operazioni di shadowing, durante questa fase sono state effettuate diverse interviste ai responsabili del Centro e agli studenti, al fine di capire quali fossero i punti di forza e di debolezza del sistema impiegato, dalle quali si è evinto che le principali necessità risiedessero nell'implementazione del grado di realismo della simulazione, nella richiesta di un sistema che potesse simulare contesti di intervento extra-clinici anche in spazi ridotti, e, infine, nella possibilità di ottenere una quantità importante di dati sensibili, in grado di ge-

nerare una normativa di azione e intervento univoca, dato il contesto specifico dei soccorsi.

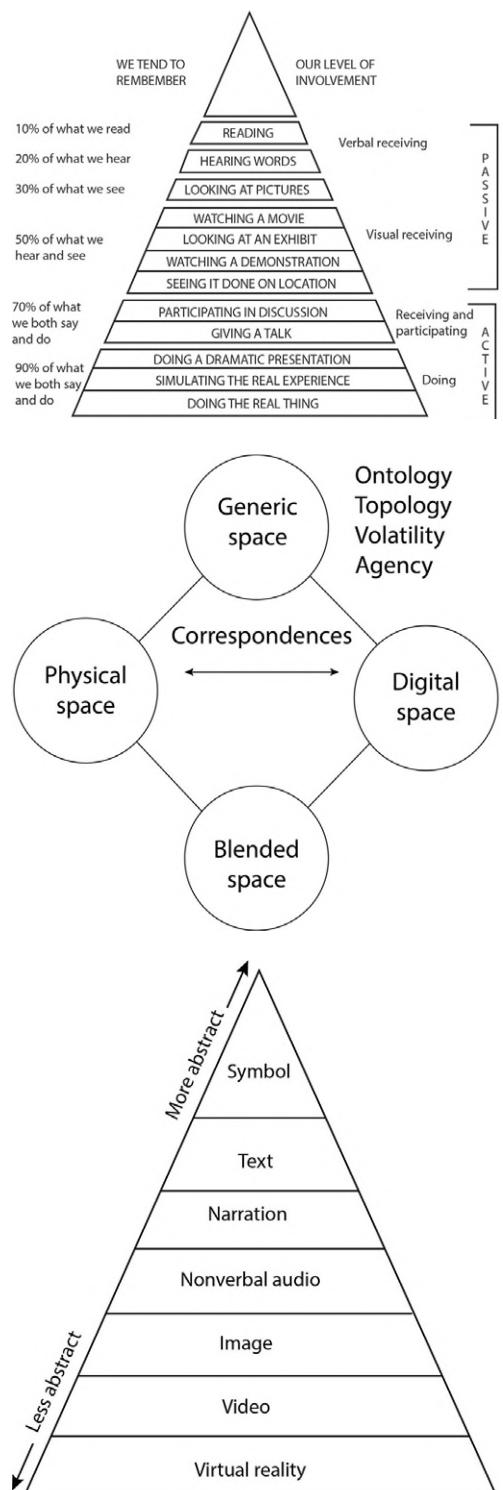
In seguito è stata condotta una ricerca 'desk' focalizzata principalmente sull'individuazione delle tecnologie e delle strumentazioni più performanti, per soddisfare le necessità evidenziate: grazie alla collaborazione con alcuni componenti del team di ricerca di Magika – in particolar modo ingegneri elettronici e informatici - sono stati selezionati gli hardware più indicati ed efficienti. La ricerca si è quindi poi focalizzata sulla realizzazione di diversi pacchetti capaci di integrare le strumentazioni tecniche e tecnologiche precedentemente descritte, e, gradualmente, di soddisfare tutti i requisiti richiesti per permettere un training efficace e realistico. Per procedere in questa fase si è utilizzato un sistema che mettesse in relazione necessità, requisiti e complessità del sistema. È fondamentale che il modello di allestimento sia replicabile ed esportabile, in modo da poter attivare altri Centri sul territorio: per questo sono state predilette tecnologie e strumentazioni in commercio e, dove possibile, l'impiego di software open source (Bisson, Ianniello and Palmieri, 2019).

Dopo i primi step di ricerca, SIMNOVA ha convertito una delle proprie stanze in un ambiente CAVE, risultato il più efficace, al fine di poter effettuare al suo interno attività di addestramento che normalmente prevedono l'impiego di numerose persone e mezzi, e la pratica in esterno. Il prossimo obiettivo sarà l'attivazione, presso la sede di Vercelli, di un altro ambiente da mettere in connessione con lo spazio di Novara, al fine di condividere i momenti di training in tempo reale. La ricerca si è conclusa con la teorizzazione di un modello di network – SIMNET – di cui faranno parte i diversi Centri realizzati, basato su una carta di valori e di requisiti tecnici e tecnologici che ognuno di essi dovrà rispettare, per farne parte. Con la realizzazione del suddetto network, sarà possibile mettere in comunicazione i diversi spazi e condividere i dati ottenuti dalle sessioni di training, oltre che le applicazioni digitali, sviluppate ad hoc per la pratica.

**Conclusioni** | Il paper evidenzia le enormi possibilità applicative di ambienti e spazi multisensoriali, immersivi e miscelati, impiegabili in diversi settori, da quelli dell'educazione e dell'erogazione della didattica, a quelli dell'addestramento pratico di skills e professioni, fino ad arrivare alla pratica cognitiva terapeutica e al trasferimento innovativo di eredità culturali. Risulta fondamentale la figura di un progettista orizzontale, multidisciplinare e strategico, che sia in grado d'integrare i differenti saperi e le diverse tecnologie necessarie alla realizzazione di un sistema di simulazione complesso, efficiente, ergonomico e in grado di generare una user experience valida, a partire da stimolazioni sensoriali attentamente progettate. Come affermano Dorst e Cross (2001) i designer devono essere in grado di integrare e tradurre i bisogni generati dalle diverse discipline coinvolte.

Non solo quindi in ambito di ricerca, ma anche nel settore strategico e gestionale, viene riconosciuto un ruolo centrale al design: Manzini (2015) afferma che il design può agire se-

condo due modalità, come attivatore del processo d'innovazione e come facilitatore delle attività necessarie alla progettazione. I due progetti illustrati, che hanno in comune l'impianto tecnologico, sottolineano la versatilità dello strumento della simulazione e degli ambienti immersivi, evidenziando come un rapporto proficuo tra saperi multidisciplinari possa condurre alla realizzazione di output progettuali che soddisfino richieste molto variegate e diversificate.



**Fig. 4** | Fauconnier and Turner's blended spaces, 2002 (credit: A. Resmini, 2017).

**Fig. 5** | Dale's Cone of Learning, 1969 (credit: M. Hartog, 2017).

**Fig. 6** | Baukal and Ausburn's Multimedia Cone off abstraction (credit: C. H. Baukal).

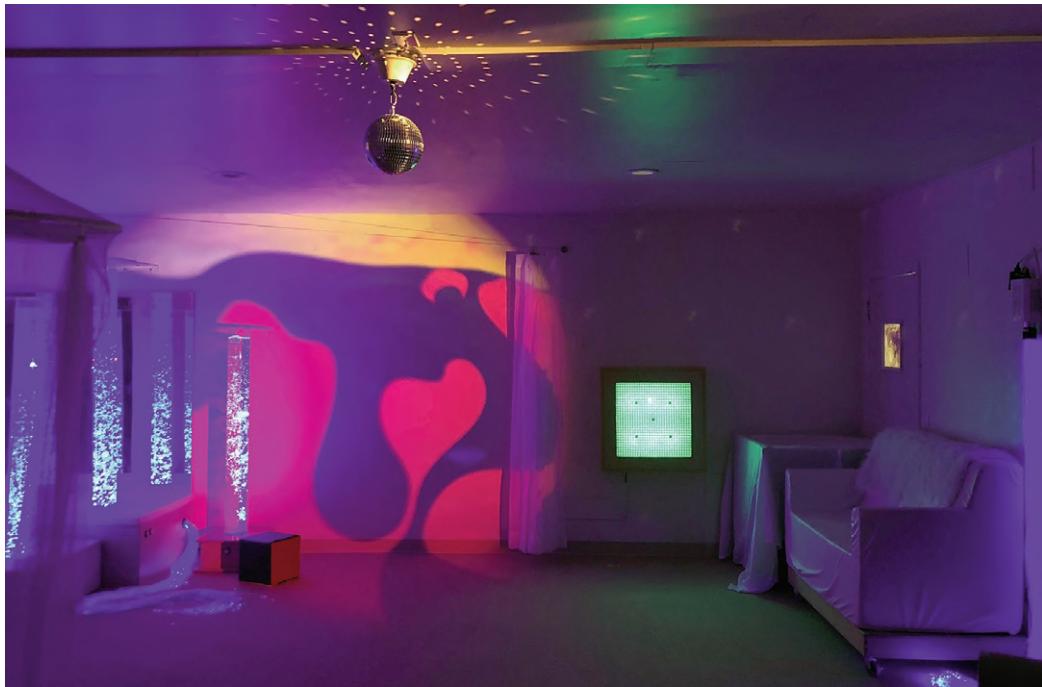


Fig. 7 | Multisensory Environment (credit: Clearbox Strategy, 2018).

Il designer deve essere in grado di considerare e gestire anche gli aspetti invisibili del progetto, che hanno un ruolo fondamentale nella definizione dell'esperienza dell'utente e delle interazioni che esso va a compiere (Dal Palù et alii, 2018). Inoltre, il ruolo del design è quello di generare nuovi contenuti in grado di stimolare lo sviluppo tecnologico e di ampliare le applicazioni nel campo d'interesse. Data l'estrema versatilità del mezzo a disposizione, è possibile progettare esperienze che vadano al di là di pratiche di addestramento, di didattica o di riabilitazione, che coinvolgano, in remoto, più utenti: l'ambito culturale e il settore dell'home entertainment saranno certamente i più favoriti da questa rivoluzione digitale, che permetterà una diversa e innovativa fruizione dei contenuti.

Il modello d'integrazione concettualizzato all'interno degli spazi del Laboratorio EDME è stato organizzato e gestito all'interno dell'area dell'esperienza virtuale interattiva multisensoriale, e coniuga, in uno spazio fisico, tecnologia ICT innovativa, sensoristica e materiali di ultima generazione, per svolgere attività di ricerca e sperimentazione basate su un sistema di simulazione di azioni e interazioni complesse, in grado di generare dati utili a stimolare le previsioni sugli aspetti percettivi e di controllo digitale degli ambienti dove tali attività vengono svolte. Ulteriori azioni di ricerca del Laboratorio riguarderanno, grazie all'integrazione di nuove tecnologie (più accessibili e performanti), l'implementazione del modello teorizzato e applicativo, con l'obiettivo di creare uno spazio di sperimentazione e di ricerca unico nel suo genere, a livello nazionale e internazionale, basato su un sistema integrato di risorse e competenze, in grado d'indagare il rapporto tra dimensione fisica e dimensione digitale.

are defined by the interweaving of spaces, physical and immaterial, and historical, social and technological time, which outline their characteristics and their different morphologies. Taking up previous studies (Benford et alii, 1998), it is interesting to identify the taxonomy of these spaces, based on the principles of artificiality, transport and spatiality (Figg. 1-3); mixed spaces can be divided into four broad categories: physical reality, augmented reality, telepresence and virtual reality that, in some cases, can coexist. It can, therefore, be said that it is possible to make a transition, bidirectional and constant, from the physical scale (which represents the container) to the digital scale (which instead constitutes the content). The interactions between things and people, but also those existing with the environments themselves, arise from actions that generate formative experiences; consequently, the sum of the interactions outlines a practical dimension that allows the transition to a cognitive scale, which, in turn, is able again to stimulate the practice.

The perceptual feedback that is returned to us by what we do in an environment is inextricably linked to the five senses of which we are endowed: the multiscalar becomes evident here in the generation of interpretations starting from the sensory dimension. It is therefore characterized, as a fundamental element, the structuring of a model, pro-active and innovative, usable in a context of research, both basic and applied, and business, able to manage vertical knowledge, immersed and operating within an interdisciplinary and shared knowledge network.

The EDME Laboratory (Environmental Design Multisensory Experience), established within the Polytechnic of Milano, is the first result of a multidisciplinary integration path that synthesizes, in a systemic optics, the multiscale relationships that contribute to delineate the complex identity of instruments of investigation, in-

terpretation and representation of experiential scenarios. The paper will highlight how research can lead to the creation of new application methodologies and conceptualization and implementation of applications beyond the state of the art; the achievable results meet the increasingly emerging needs for new systems able to detect and simulate perceptible aspects, new materials and new environmental interaction systems.

**From the physical scale to the digital dimension** | The first of the multi-scale relationships on which the design of the EDME Laboratory was founded, and which defines its environmental dimension, is the one that exists between physical and digital space. Mixed reality<sup>1</sup> can exist in different forms, as Milgram and Kishino (1994) state, from digitally augmented physical spaces to physically augmented digital spaces. Benford et alii (1998, 2009) theorized promiscuous spaces, as a union of physical and digital dimensions. Mixed spaces (Fig. 4) are mixed reality environments, within which there is a carefully designed relationship between the real world and the digital world, generated by some of the contents or access to them (Benyon, 2012). The physical space can be defined as the set of objects that inhabit it, the topographical relations that exist between them, the persons that act within space. The digital space can be described by its ontology and topology, its agents and its mutation ability (Benyon, Mival and Ayan, 2012).

Developing earlier concepts (Lakoff and Johnson, 1999), Fauconnier and Turner (2002) state that cognition can be understood as mental space and define their own concept of mixed space, determining the existence of four domains, whose interrelations generate a new environment that receives part of the structure of the domains, but develops a special one, with emerging logics. In relation to these environments, the role of the designer is to design valid experiences, using in an intuitive and natural way the characteristics of the spaces, to be conceived as places able to create meaning (Benyon, Mival and Ayan, 2012). Designers need to understand the opportunities they create, translate their mixture profitably and understand their origin and characteristics.

A fundamental relationship, which was at the basis of the design of the EDME Laboratory, in the interaction between physical and digital space, is the latter's ability to return 'photographs' of the physical space, objects and people present in it, as well as making different types of content usable, digitizing and inserting them in a mixed space. In this sense, it becomes vital the involvement of figures from the area of Electronic Engineering and Computer Science, in order to create integrated systems of technologies and to put in communication, through the writing of dedicated software, the different devices and tools that contribute to outline the technological ecosystem needed. In the specific case of the EDME Laboratory, the connection with the field of Electronic Engineering and Computer Science has allowed the realization of a digital interface able to control and manage the activities carried out within

the spaces, through the activation of specific devices (projectors, sensors and actuators).

**From a practical scale to knowledge** | The second vector analysed is the one that connects practice with knowledge. In different fields the practice of 'learning by doing' is one of the most used methodologies to train professionals, to impart a certain type of teaching and to face certain research paths. In this case, the learner experiences a direct experience that can be defined as sensory contact with the results of the actions (Reese, 2011). Several authors have highlighted the greater potential of active learning vis-à-vis passive learning; the reading of field notes this phenomenon beginning from the end of the 1960s: Edgar Dale (1969), based on the studies and the experience of John Dewey<sup>2</sup>, elaborates the theory of the cone of the learning (Fig. 5), which highlights how active involvement helps to remember profitably a high percentage of what we said or wrote (70%) and what we decided and did (90%). Some authors (Baukal, Ausburn and Ausburn, 2013) have developed their own interpretation of Dale's learning cone, focusing on the media corresponding to the different forms of learning (from Abstraction, from Observation, from Doing) and highlighted how virtual reality – and we add, augmented and mixed – is the best means to apply the methodology presented (Fig. 6).

The spaces of EDME allow the user to put into practice with profit the methodology of 'learning by doing' and, thanks to the technological implementations within it, to activate and enable innovative training and teaching practices that allow access to training courses otherwise difficult to reproduce, if not with the use of important means. In this case, the integration of knowledge coming from Mechanical Engineering was vital, for the definition of the requirements that the environments must present and for the design of the instruments and the physical objects needed (sensors and actuators) to achieve these objectives. An example is the possibility of interacting directly with the walls of the room through touch, obtained by integrating motion detection systems and infrared sensors. Thanks to the knowledge coming from Mechanical Engineering it was possible to activate cognitive and experiential processes starting from the practical dimension of doing.

**From the perception through the interpretation** | The five senses are the first means in our possession, able to provide an interpretation of reality. Given the objective of the EDME Laboratory, multisensory has been taken into account as a fundamental characteristic for the system. Multisensory environment means a space or room where sensory stimulation can be controlled, intensified or reduced, and concentrated on one or more senses. Recent advances in the field of interactive systems and sensory devices open up innovative possibilities in the field of user experience<sup>3</sup>. Spaces that allow multisensory stimulation are more effective than monosensory protocols (Fig. 7), because they can better approximate the natural setting and, therefore, produce a faster learning methodology.

In general, perceptual and cognitive mechanisms have evolved and optimized to process multisensory signals and, consequently, their understanding and memorization have been inevitably favoured by environments able to involve our senses (Shams and Seitz, 2008). According to Bagnara (Norman, 2004), the design has to deal with the subjectivity of experience and the way individuals experience things. In EDME, in addition to the visual and auditory component, it is possible to receive sensory stimulations in the field of touch and smell. Once again, contributions from the Mechanical Engineering area to the design and integration of haptic systems, and Chemical and Material Engineering to the realization of explorable surfaces and textures, and reproduction of certain chemical stimuli related to the sense of smell, have been fundamental.

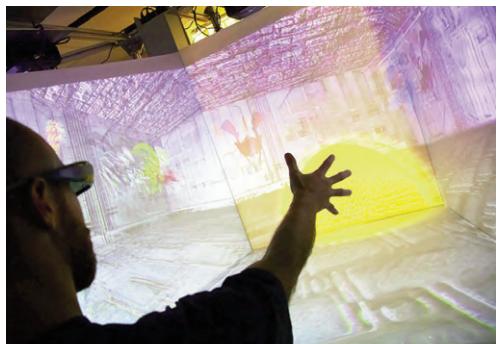
**State of the art** | The concept of multisensory space has been theorized for several decades, but it is only since 1992 that applications have been born in different sectors. Cruz-Neira et alii (1992) presented at the University of Chicago the first Cave Automatic Virtual Environment (CAVE), a system that allows the projection of images on up to six walls: with the support of surround sound, the system generates an immersive space, where users interact with virtual reality through controllers and without the use of HMDI (Fig. 8). Following will be presented some highly innovative centres that operate and research in the field of multi-sensory environments.

The Multisensory Experience Lab of the Aalborg University in Denmark (Fig. 9) deals with research in the field of virtual reality, augmented reality and multisensory experience. The research carried out in these spaces focuses on three main thematic areas: improvement and innovation of existing immersive technologies; application of specific technologies to allow sensory enhancement; exploration of new forms of artistic expression and preservation of cultural heritage through immersive technologies. Other areas of interest are related to education and health. Among the different technologies, the Laboratory is equipped with headsets for virtual and augmented reality: this represents an element of discontinuity compared to the EDME Laboratory, where a less invasive form of immersion is preferred, for the complexity of the actions carried out and for the high number of people who can interact within the spaces, reached through a high amount of multisensory stimuli.

Another example of the multisensorial research laboratory is PERCRO (Fig. 10), instituted in the TeCIP of the University Sant'Anna of Pisa, that deals with the conceiving and to developing of solutions for forms of advanced interaction, in order to facilitate communication between the human being and simulated environments, focusing mainly on virtual reality technologies and telerobotics. The research carried out within the Laboratory is focused on the creation of intelligent automation systems, the development of human-machine interfaces and systems for displaying content. The Laboratory is developed as a CAVE system. The most im-

portant fields of application for the Laboratory are related to the industrial world, and in particular to the provision of training, of the immersive teleconference and the development of interactive and non-invasive techniques to acquire and enjoy images of works of art.

With respect to the research on the interaction between man and machine, the Laboratory develops solutions related to the area of haptic stimulation, robotics and exoskeletons, bio-signals and visual disability. Finally, the activities carried out in the field of system automation are based on three main lines: systems for the transfer and monitoring of human abilities, intelligent systems for semi-autonomous navigation and systems for the control of industrial plants. The PERCRO Laboratory has different affinities with the EDME Laboratory, both for the enabling system architecture and for the research areas investigated. Two projects carried out in collaboration between some members of the research team of the EDME Laboratory and other university research institutions will be considered below, that highlight



**Fig. 8** | CAVE (credit: CC, 2001).

**Fig. 9** | Multisensory Experience Lab (source: danishsound.org, 2019).

**Fig. 10** | PERCRO's space (source: www.santannapi-sa.it, 2018).



**Fig. 11** | Magika (credit: M. Gelsomini, 2019).

**Fig. 12** | SIMNOVA's space (source: simnova.uniupo.it/, 2017).

the effectiveness of a multidisciplinary design methodological approach and the design possibilities offered by multisensory, immersive and mixed environments.

**Magika** | The first project presented is Magika (Gelsomini et alii, 2019), realized within the project LuDoMI, which involves four Departments of the Polytechnic of Milan – Electronics, Information and Bioengineering; Mechanics; Design; Chemistry, Materials and Chemical Engineering – co-financed by the Municipality of Cornaredo and supported by Poli Social Award 2017 (Fig. 11). The project is based on the principles of interpretation of the cognition of subjects with a spectrum of autism and sensory integration processes, necessary to create stimuli suitable for these particular subjects. The research has been carried out starting from the multisensory rooms called ‘Snoezelen’, already present in several schools on the Italian territory, with the aim of exceeding the limits including the poor integration between the different devices and enabling instruments. It is impossible to control the space digitally and to customize the stimuli according to the needs and the factors that produce repetitive experiences which are not suitable for large groups of people. The research conducted by the Department of Electronics and Computer Engineering, therefore, focused on the identification of digital technologies that could overcome these limitations, making the environment responsive and intelligent. Once they were identified, a software was developed that could actually put them in communication and that would offer teachers the possibility of interaction with the room.

The research carried out by the Departments of Mechanical Engineering and Chemical and Material Engineering was conducted in

order to identify those instruments and devices that could physically activate sensory stimulation: an integrated system of objects and actuators has been designed to involve the senses of sight, hearing, touch and smell. Parallel to these studies, the Department of Design has dealt with the physical design of the spatial layout and with the user experience, creating front-end interfaces for the software designed. Another fundamental role that the Design Department had was to conduct co-design sessions, concerning the focal aspects of the project, in which the various Departments and end-users participated: the sessions took into account the types of stimulation, digital content and practicable activities within the room. The result of research and early experimentation gave birth to Magika, an interactive multisensory environment that enables new forms of playful learning for children, and specifically those with educational needs that present a spectrum of autism.

Magika is configured as a CAVE and presents a complex technology system that includes: wall projectors; a Dolby audio system 5.1; a flooring with special textures to stimulate the sense of touch; a bubble machine and one for odour generation; a portable lighting system; a Kinect sensor for motion. The activities that can be practised are seven: association games, memory and classification games, a reproduction of the naval battle game, a virtual wardrobe, a food shopping, and immersive games. The goals that the project wants to obtain are the achievement of a feeling of relaxation and confidence in children; the improvement of the ability of each user to perceive and process correctly perceived sensory stimuli; the application of the methodology of ‘learning by doing’, integrating multimodal learning scenarios and subjective stimuli, coming from different sources; the stimulation of a process of inclusion, in which children with special educational needs are included in the learning and teaching process.

There are several innovations made by the project to the state of the art of the sector of reference; among the most important are the mixture between multisensory and multimodality, the possibility of customization of the spatial configuration, a human-centred and inclusive approach, the ability to recreate highly immersive scenarios, automation and adaptivity. The point of strength of the project is the smartification of the environment that allows the educators to design and carry out ad hoc activities for each user and for his/her particular needs. To date, Magika has been installed in two elementary schools, at the City of Cornaredo in the province of Milano, involving in its activities about 800 children and 60 teachers: the results obtained confirm a greater propensity to learn and to maintain the notions both in normal children and in those with autism. Further experimentation and testing are currently in place.

**SIMLAB** | SIMLAB (of which the first phase of research and conceptualization analysis has been concluded) is the result of the collaboration between the EDME Laboratory and the Interdepartmental Centre UPO SIMNOVA (Fig.

12), which provides the creation of a multisensory and immersive space for the simulated training of teams of doctors and healthcare professionals (Bisson, Ianniello and Palmieri, 2019). At the time the research was started, the SIMNOVA Centre was already equipped with spaces – with the purpose of training – that reproduced the environments of the operating rooms or for maxi-emergency contexts to be carried out in outdoor spaces. The objective of the research has been the generation of a system of guidelines for a simulated training model based on the principles of ergonomics, the use of innovative technology and instrumentation, the study of flows, proxemics and sensory communication.

The first phase of the research, which lasted approximately two months, included the visit of the team of designers to the operating spaces of the SIMNOVA Centre, on the occasion of curricular training sessions and the SIMCUP event, an annual competition that brings together several teams of learners and sees them engaged in simulation activities. During the visits it was, therefore, possible to assist and understand how the Centre manages the above, what are the objectives envisaged, what must be the user’s experience and what instruments are necessary to allow the effective practice. In addition to shadowing operations, during this phase, several interviews were carried out with the Centre’s managers and students, in order to understand the strengths and weaknesses of the system used, from which it has been deduced that the main necessities were the implementation of the degree of realism of the simulation, the request for a system that could simulate extra-clinical contexts of intervention even in small spaces, and, finally, the possibility of obtaining an important amount of sensitive data, able to generate a regulation of action and intervention unambiguous, given the specific context of relief.

Subsequently, desk research was carried out, focused mainly on the identification of the most performing technologies and instruments, to meet the needs highlighted: thanks to the collaboration with some members of the research team of Magika – in particular electronic and computer engineers – the most suitable and efficient hardware have been selected. The research then focused on the realization of several packages able to integrate the technical and technological instrumentation described above, and, gradually, to meet all the requirements necessary to allow effective and realistic training. In order to proceed at this stage, a system was used which linked the needs, requirements and complexity of the system. It is essential that the set-up model is replicable and exportable, in order to be able to activate other Centres in the territory: for this reason, technologies and instruments in commerce have been preferred and, where possible, the use of open-source software (Bisson, Ianniello and Palmieri, 2019).

After the first steps of research, SIMNOVA has converted one of its rooms into a CAVE environment, the most effective result, in order to be able to carry out in-house training activities that normally involve the use of numerous

people and means and the practice outside. The next goal will be the activation, at the headquarters in Vercelli, of another environment in connection with the space of Novara, in order to share the training moments in real-time. The research ended with the theorization of a network model – SIMNET – of which the different Centres will be part, based on a map of values and technical and technological requirements that each of them will have to respect, in order to be part of it. With the creation of this network, it will be possible to communicate through the different spaces and share the data obtained from training sessions, as well as digital applications, developed ad hoc for practice.

**Conclusion** | The paper highlights the enormous application possibilities of multisensory immersive and mixed environments and spaces, that can be used in different sectors, from those of education and teaching delivery to those of practical training of skills and professions, up to cognitive therapeutic practice and innovative transfer of cultural heritage. It is fundamental the figure of a horizontal, multidisciplinary and strategic designer, who is able to integrate the different knowledge and technologies necessary for the realization of a complex, efficient, ergonomic and able to gen-

erate a valid user experience, starting from carefully designed sensory stimulations. As Dorst and Cross (2001) state, designers must be able to integrate and translate the needs generated by the different disciplines involved.

Therefore, not only in the research field but also in the strategic and management sector, a central role is recognized to design: Manzini (2015) states that design can act in two ways, as an activator of the innovation process and as a facilitator of the activities necessary to design. The two projects illustrated, which have the technological system in common, underline the versatility of the simulation tool and immersive environments, highlighting how a fruitful relationship between multidisciplinary knowledge can lead to the creation of design outputs that meet very varied and diversified demands.

The designer must also be able to consider and manage the invisible aspects of the project, which play a fundamental role in the definition of the user experience and the interactions that the user performs (Dal Palù et alii, 2018). Moreover, the role of design is to generate new content, capable of stimulating technological development and expanding applications in the field of interest. Given the extreme versatility of the available medium, it is possible to design experiences that go beyond training, teaching or rehabilitation practices, involving,

remotely, more users: the cultural and home entertainment sector will certainly be the most favoured by this digital revolution, which will allow a different and innovative use of content.

The conceptualized integration model within the spaces of the EDME Laboratory has been organized and managed within the area of multisensory interactive virtual experience, and combines, in a physical space, innovative ICT technology, sensors and latest generation materials, to carry out research and experimentation activities based on a system of simulation of complex actions and interactions, able to generate data useful to stimulate predictions on perceptual and digital control aspects of the environments where these activities are carried out. Further research activities of the Laboratory will concern, thanks to the integration of new technologies (more accessible and performing), the implementation of the theoretical and applicative model, with the aim of creating unique experimentation and research space, at a national and international level, based on an integrated system of resources and competences, able to investigate the relationship between physical and digital dimension.

## Acknowledgements

The contribution, resulting from a common reflection, is to be attributed in equal parts to Authors.

## Notes

1) Mixed Reality means the technology that allows digital elements to be superimposed on physical ones, and to relate them to each other so that they can influence each other in real-time.

2) John Dewey was a US philosopher and educationist. One of the founders of the school of pedagogical activism, which placed the concept of 'learning by doing' and direct experience at the heart of its methodology.

3) The term User Experience refers to all aspects of interactions between user and company, service, physical or digital product.

## References

- Baukal, C. E., Ausburn, F. B. and Ausburn, L. J. (2013), "A proposed multimedia cone of abstraction: updating a classic instructional design theory", in *I-manager's Journal of Educational Technology*, vol. 9, n. 4, pp. 15-24. [Online] Available at: files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1101723.pdf [Accessed 23 March 2020].
- Benford, S., Giannachi, G., Koleva, B. and Rodden, T. (2009), "From interaction to trajectories: designing coherent journeys through user experiences", in *CHI '09 – Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 4-9 April 2009, Boston, Association for Computing Machinery, New York, pp. 709-718. [Online] Available at: doi.org/10.1145/1518701.1518812 [Accessed 26 March 2020].
- Benford, S., Greenhalgh, G., Reynard, G., Brown, C. and Koleva, B. (1998), "Understanding and Constructing Shared Spaces with Mixed-Reality Boundaries", in *ACM Transactions on Computer-Human Interaction*,
- vol. 5, issue 3, pp. 185-223. [Online] Available at: doi/10.1145/292834.292836 [Accessed 25 March 2020].
- Bisson, M., Ianniello, A. and Palmieri, S. (2019), "SimCenter: guidelines to develop a medical simulation center", in De Giovanni, G. and Scalisi, F. (eds), *Pro-Innovation – Process, Production, Product*, pp. 239-252. [Online] Available at: www.unipapress.it/it/book/pro-innovation\_198/article/24 [Accessed 20 March 2020].
- Benyon, D. R. (2012), "Presence in Blended Spaces", in *Interacting with Computers*, vol. 24, issue 4, pp. 219-226.
- Benyon, D., Mival, O. and Ayan, S. (2012), "Designing blended spaces", in *Proceedings of the 26th BCS Conference on Human Computer Interaction – People & Computers, 12-14 September 2012, Birmingham (UK)*, pp. 398-403. [Online] Available at: www.scienceopen.com/hosted-document?doi=10.14236/ewic/HCI2012.1 [Accessed 20 March 2020].
- Cruz-Neira, C., Santin, D. J., DeFanti, T. A., Kenyon, R. V. and Hart, J. C. (1992), "The CAVE: audio visual experience automatic virtual environment", in *Communications of the ACM*, vol. 35, n. 6, pp. 64-72. [Online] Available at: doi.org/10.1145/129888.129892 [Accessed 24 April 2020].
- Dal Palù, D., De Giorgi, C., Lerma, B. and Buiatti, E. (2018), *Frontiers of Sound in Design: A guide for the Development of Product Identity Through Sounds*, Springer.
- Dale, E. (1969), *Audiovisual methods in teaching*, Dryden Press, New York.
- Dorst, K. and Cross, N. (2001), "Creativity in the design process: co-evolution of problem-solution", in *Design Studies*, vol. 22, issue 5, pp. 425-437. [Online] Available at: doi.org/10.1016/S0142-694X(01)00009-6 [Accessed 20 March 2020].
- Fauconnier, G. and Turner, M. (2002), *The Way We Think – Conceptual blending and the mind's hidden complexity*, Basic Books, New York.
- Gelsomini, M. et alii (2019), "Magika, a Multisensor Environment for Play, Education and Inclusion", in *CHI EA '19 – Extended Abstracts of the 2019 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 4-9 Maggio 2019, Glasgow (UK), Association for Computing Machinery, New York, pp. 1-6. [Online] Available at: doi.org/10.1145/3290607.3312753 [Accessed 15 March 2020].
- Lakoff, G. and Johnson, M. (1999), *Philosophy of the Flesh – The Embodied Mind and its Challenge to Western Thought*, Basic Books, New York.
- Manzini, E. (2015), *Design, When Everybody Designs – An Introduction to Design for Social Innovation*, MIT Press, Cambridge.
- Martin, R. (2009), *The Design of Business – Why Design Thinking Is the Next Competitive Advantage*, Harvard Business Press, Boston.
- Milgram, P. and Kishino, F. (1994), "A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays", in *IEICE Transactions on Information and Systems*, vol. E77-D, n. 12, pp. 1321-1329.
- Norman, D. A. (2004), *Emotional Design – Why We Love (or Hate) Everyday Things*, Basic Books, New York.
- Reese, H. W. (2011), "The Learning-by-Doing Principles", in *Behavioral Development Bulletin*, vol. 17, issue 1, pp. 1-19. [Online] Available at: dx.doi.org/10.1037/h0100597 [Accessed 25 March 2020].
- Shams, L. and Seitz, A. R. (2008), "Benefits of Multisensory Learning", in *Trends Cognitive Science*, vol. 12, issue 11, pp. 411-417. [Online] Available at: faculty.ucr.edu/~aseitz/pubs/Shams\_Seitz08.pdf [Accessed 1st February 2020].

## NANOTECNOLOGIE, ADDITIVE MANUFACTURING E GENIUS LOCI Un caso di jewellery design

## NANOTECHNOLOGY, ADDITIVE MANUFACTURING AND GENIUS LOCI A case of jewellery design

Debora Puglia, Benedetta Terenzi

### ABSTRACT

La ricerca presentata ha l'obiettivo di diffondere la conoscenza delle eccellenze regionali attraverso la progettazione di una serie di gioielli che evidenzino la loro origine Made in Umbria, valorizzando in modo inedito le ricchezze materiali e immateriali del territorio. Il lavoro mostra le possibilità d'innovazione che scaturiscono dalla strategia complessiva di un progetto di Design Territoriale lavorando, da un lato, sulla definizione delle peculiarità dell'ambiente naturale e antropizzato, in termini di creatività e di espressione estetica, dall'altro, sull'utilizzo di nanotecnologie per facilitare un uso consapevole delle risorse (materiali di scarto locali e biopolimeri) in combinazione alle possibilità offerte dall'additive manufacturing.

The presented research aims to spread the knowledge of regional excellence through the design of a series of jewels that highlight its Made in Umbria origin, enhancing in an unprecedented way the tangible and intangible riches of the territory. The work shows the possibilities of innovation that arise from the overall strategy of a Territorial Design project by working, on the one hand, on the definition of the peculiarities of the natural and man-made environment, in terms of creativity and aesthetic expression, on the other hand, on the use of nanotechnology to facilitate a conscious use of resources (local waste materials and biopolymers) in combination with the possibilities offered by additive manufacturing.

### KEYWORDS

additive manufacturing, nanotecnologia, genius loci, design territoriale, economia circolare

additive manufacturing, nanotechnology, genius loci, territorial design, circular economy

**Debora Puglia**, Engineer and PhD, is an Associate Professor at the Department of Civil and Environmental Engineering of the University of Perugia (Italy). She carries out research activities at the Laboratory of Materials Science and Technology, mainly in the field of polymeric materials and nanostructured composites. Mob. +39 333/21.72.427 | E-mail: debora.puglia@unipg.it

**Benedetta Terenzi**, Architect and PhD, is a Researcher at the Department of Civil and Environmental Engineering of the University of Perugia (Italy). She carries out research activities mainly in the field of product service system design and digital innovation. Mob. +39 393/44.17.696 | E-mail: benedetta.terenzi@unipg.it

La capacità di fare innovazione, in termini di nuovi prodotti/servizi realizzati e di processi produttivi, è sempre più considerata una condizione essenziale per poter operare con successo nel contesto economico odierno caratterizzato da cambiamenti tecnologici sempre più rapidi e da una maggiore ricerca della funzione simbolica dei prodotti, a scapito di quella meramente utilitaristica (Aspen Institute Italia, 2012; Piergiovanni, Carree and Santarelli, 2012; Rullani, 2004). D'altro canto, nell'attuale scenario globale e interconnesso, l'elemento territoriale torna a svolgere un ruolo importante nella generazione d'innovazione: attraverso la 'conoscenza tacita' (Trigilia, 2007) e il capitale umano in loco si creano interazioni spesso di natura informale che contribuiscono a sviluppare una particolare 'atmosfera creativa' (Bertacchini and Santagata, 2012). Una creatività unica e irripetibile, *hic et nunc*, che cioè contraddistingue quel territorio, in quel particolare momento. Attraverso processi di lunga durata, il territorio acquisisce infatti la sua peculiarità, frutto del binomio natura/cultura, cioè avere/esistere, sapere/fare. Enzo Rullani (2013), basandosi sul paradigma della Knowledge Economy, considera il territorio come 'multiplicatore cognitivo' esaltando il patrimonio del sapere radicato in uno specifico contesto territoriale (sapere contestuale) e lo scambio di conoscenze, sia formale che informale, volto alla propagazione delle innovazioni tra imprese, attori sociali e comunità.

Il tema della 'democrazia delle culture' di Latouche e la critica alla globalizzazione intesa come una 'nuova torre di Babele' uniformante e omologante di Panikkar evidenziano come stia riemergendo con forza nel dibattito internazionale la Pluriversitas contro l'Universitas, un ripensamento de 'il pensiero unico' dell'Universum a favore di un Pluriversum, un mondo plurale nonché pluralista (Latouche and Panikkar, 2018). In questo senso, l'obiettivo del contributo è dimostrare le inedite possibilità d'innovazione generate da un approccio strategico del design attraverso gli esiti di una ricerca che ha avuto l'obiettivo di diffondere la conoscenza delle eccellenze regionali partendo dalla progettazione di una serie di gioielli che evidenziassero in modo innovativo la loro origine Made in Umbria, valorizzando in modo originale le ricchezze materiali e immateriali del territorio. Questo è stato possibile integrando l'utilizzo della stampa 3D con l'uso consapevole di materiali di scarto e biopolimeri grazie all'utilizzo delle nanotecnologie.

**Design Territoriale** | Per Design Territoriale si intende quel particolare approccio che mette a punto strategie di sviluppo territoriale e del quale il territorio è coautore (Franzato, 2009); Flaviano Celaschi (2008) ne individua le caratteristiche peculiari: esso è infatti multiautoriale, è multidimensionale e multidisciplinare, ed è interattivo. Esso agisce sul rapporto d'interazione cognitiva e materiale della rete locale con l'ambiente di riferimento e con l'ecosistema; e agisce sulla società stessa che, dal basso, pare esprimere un'evoluta capacità d'innovazione, utilizzando al meglio le risorse fisiche e sociali esistenti, rendendo i sistemi più efficienti sul pia-

no ambientale e più coesi su quello sociale secondo l'ormai celebre assioma 'every one designs' (Manzini, 2015). Ciò consiste nel tradurre le potenzialità del contesto in valori comunicabili e scambiabili, attraverso processi di trasformazione simbolica e materiale dell'ambiente (Dematteis, 2001). È evidente pertanto il ruolo del design nel conferire unitarietà all'operare della pluralità degli attori coinvolti e nel definire una strategia integrata attorno all'innovazione. Si tratta di un nuovo approccio 'think local and act global' come rinnovata risposta alla tradizionale formula 'think global and act local', in particolare in Italia, storicamente caratterizzata da una 'multifaceted identity', dove ogni territorio, luogo integrato di competenze, conoscenze, cultura, beni ambientali, eccellenze materiali e immateriali, oggi rivendica la sua ragione di esistere, di esprimersi e farsi conoscere e riconoscere.

E il Design Territoriale lavora proprio sul radicamento locale come strumento identitario e vincente rispetto alla omologata dimensione globale, riaffermando con forza il valore del genius loci come elemento di riconoscibilità e di affermazione di cultura (Bassi, 2017), e agendo sul capitale territoriale inteso come «[...] il complesso degli elementi (materiali e immateriali) a disposizione del territorio, i quali possono costituire punti di forza o veri e propri vincoli a seconda degli aspetti presi in considerazione» (Farrell et alii, 1999, p. 19). Alberto Magnaghi (2000) lo definisce 'patrimonio territoriale' enfatizzando il fatto che il capitale territoriale non è solo un qualcosa da interpretare e da utilizzare a nostro piacimento, ma è anche un'eredità da tramandare, una 'ricchezza durevole'.

**Il design per la valorizzazione del patrimonio territoriale umbro** | Il lavoro presentato intende sottolineare le possibilità di innovazione di tipo estetico, tecnologico e culturale che scaturiscono dalla strategia complessiva di un progetto Design Territoriale. La ricerca fa parte del Programma Interreg Europe CLAY – di cui la Regione Umbria è capofila – che ha coinvolto il Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale di Perugia (responsabile scientifico Prof. Paolo Belardi) e nasce con l'obiettivo di diffondere la conoscenza delle eccellenze regionali. La prima fase ha interessato l'accreditamento del settore artigianale della ceramica umbra. La seconda fase ha inteso esplorare le potenzialità del settore orafa andando a valorizzare in modo inedito le ricchezze materiali e immateriali del territorio con una serie di gioielli che evidenziassero in modo innovativo la loro origine Made in Umbria.

Il progetto ha pertanto lavorato da un lato, sulla definizione delle peculiarità dell'ambiente naturale e antropizzato, in termini di creatività e di espressione estetica, dall'altro, sull'utilizzo della stampa 3D e l'uso consapevole di risorse. La ricerca ha operato su diversi livelli dimensionali, dimostrando il ruolo del design come 'mediatore poliglotta' dei diversi linguaggi del progetto alle diverse scale di dettaglio: la scala territoriale, per l'individuazione di quegli elementi che vanno a definire il valore del 'patrimonio territoriale', la scala dell'oggetto, nella definizione formale dei gioielli che raccontasse-

ro il territorio di appartenenza, la scala nanometrica, per la messa a punto di tecnologie che sfruttassero in modo innovativo metalli e materiali di scarto locali.

Il lavoro di ricerca ha voluto offrire una nuova prospettiva d'innovazione di processo e di prodotto che permetta al settore orafa umbro (come caso esemplificativo dei settori produttivi italiani d'impronta artigianale) di rispondere in modo concreto alla necessità d'interagire con l'innovazione digitale e con l'introduzione di materiali sempre più tecnologici. Allo stesso tempo, si è delineata un'estetica peculiare che guarda al futuro e che è declinata in modo evidente secondo le peculiarità del territorio di riferimento. In quest'ottica, la forte impronta artigianale del gioiello umbro, caratterizzato dal lavoro umano – dall'ideazione allo sviluppo e alla realizzazione del manufatto – secondo una personale cultura del 'saper fare' e talvolta guidato da una creatività istintiva, non viene disconosciuta dall'introduzione di processi di digitalizzazione e stampa 3D (Goretti et alii, 2019). Essi piuttosto evidenziano l'esigenza di una maggiore specializzazione e delineano la figura di un 'artigiano digitale' nell'ottica di mantenere un vantaggio competitivo del Made in Italy a livello globale.

**La progettualità per il settore orafa** | I gioielli sono sempre stati una terra di mezzo tra arte, artigianato, moda e design, stretti da un lato, dalla tipica autorialità dell'artista, dall'altro, dalla fugacità della moda. A ciò si aggiunge la tradizione di un artigianato spesso chiuso nella difesa dei materiali preziosi come principale garanzia di eternità (Cappellieri, 2018). Il design del gioiello, in Italia, ha quindi sofferto di luoghi comuni, legati all'idea della necessità del pezzo unico, dell'estetica della tradizione, di materiali pregiati e costosi, fino agli anni '70 e '80 del secolo scorso quando grandi progettisti e architetti italiani si cimentarono, a più riprese, nell'ideazione di monili. Ma già dalla fine degli anni '50 una nuova generazione di artisti orafi iniziò a trattare il gioiello come un'opera d'arte, contestando il suo ruolo nella società e rifiutando le concezioni nelle quali esso era racchiuso.

Oggi, nell'idea condivisa di gioiello moderno prevale la ricchezza dell'idea sulla preziosità dell'oggetto. Ciò significa che dal punto di vista progettuale si è creata una grande possibilità d'innovazione accogliendo la tecnologia più avanzata, in una nuova visione che punta a esprimere un alto contenuto emotivo e comunicativo e non la ricchezza materica. Il gioiello si offre al pubblico come espressione di una scelta culturale responsabile, ricco di valenze sociali e palesemente dotato di sensibilità ecologica. Attraverso questa nuova modernità di cui sono forieri, i gioielli ci guidano nella ricerca del bello che si esprime anche con l'utilizzo di materiali poveri, di scarto, o riciclati. E anche quando materiali più preziosi come oro e argento permangono, sono comunque ripensati, depotenziati. Come scrive Roland Barthes (2006, p. 67) il gioiello contemporaneo «[...] non divide più il potere dell'oro [è ancora] vario nelle forme e nei materiali, infinitamente utilizzabile, non più soggetto alla legge del prezzo alto né a quella di un uso particolare, festivo, quasi



**Fig. 1** | Collection 'en' (by M. Lombardo, L. Crescentini and C. Stigliano) tells both the centrality that the resiliency of the Umbria region; PLA with gold nanoparticles deposition and plexiglass.

sacralizzato [...]. Finché la ricchezza regolava la rarità del gioiello, questo poteva essere valutato in base al prezzo».

Alba Cappellieri (2018) individua tre possibili futuri del gioiello: la tradizione preziosa, le tecnologie indossabili e la creatività collettiva. Quest'ultima ipotesi rappresenta lo scenario nel quale il Design Territoriale si può esprimere perché riguarda il ripensamento dei processi creativi e produttivi offrendo nuove opportunità d'innovazione. Tra queste di particolare interesse è l'applicazione dell'additive manufacturing, che racchiude un'ampia e molteplice famiglia di tecnologie accomunate da un processo di additivazione di materiale detto layer by layer (Cappellieri, Del Curto and Tenuta, 2014). Disponibili in outsourcing questi processi stanno cambiando anche il settore produttivo del gioiello, con la possibilità di realizzare nuove forme e finiture, altrimenti non possibili, permettendo di stampare in un solo processo di costruzione parti composte di materiali eterogenei, e aprendo la strada alla personalizzazione spinta.

Questa tecnologia si può utilizzare per la stampa di un modello di cera ad alta risoluzione da cui ottenere successivamente una fusione a 'cera persa', ma può essere utilizzata anche per realizzare il gioiello finito. In quest'ultimo caso si possono presentare limitazioni dovute alle tipologie di materiali utilizzabili che influenzano le proprietà sia meccaniche che estetiche dei pezzi finiti. La volontà di trasformare questa criticità in una nuova opportunità d'innovazione è alla base del presente lavoro di ricerca. Infatti, sperimentazione, diversificazione e contaminazione tra materiali e tecniche tradizionali e quelli innovativi sono parole d'ordine per potenziare la capacità di presidiare con successo il complesso e mutevole mercato globale, generando prodotti sempre nuovi e ad alto tasso di creatività (Gupta, 2019; Sepahvani, 2015).

#### Per un'innovazione di tipo estetico e culturale

Rispetto all'espressione estetica e formale dei gioielli, il progetto ha indagato il genius loci partendo dall'osservazione della realtà e quindi da un'analisi approfondita del territorio umbro nella sua storia passata e recente, per carpirne i valori essenziali e le peculiarità stratificate. L'analisi con indagine diretta e ricerca desk ha riguardato in particolare: 1) il paesaggio naturale, nelle sue declinazioni dell'acqua (fonti, fiumi e laghi) e dei rilievi collinari e montuosi, caratterizzanti gli skylines e le texture naturali; 2) il paesaggio artificiale, ovvero le attività di antropizzazione nell'uso del territorio e gli artefatti architettonici nei principali periodi storici; 3) l'artigianato e l'industria, con i relativi know-how e le materie prime disponibili e diffuse. Partendo da questa base comune la ricerca è proseguita su due binari paralleli: da un lato ha riguardato lo studio e la selezione degli scarti delle lavorazioni artigianali per il loro riutilizzo con il supporto delle nanotecnologie, nell'ottica dell'innovazione tecnologica; dall'altro ha individuato delle invarianti per ogni macrocategoria esaminata, dalle quali sono scaturite molteplici declinazioni formali, nell'ottica di un'innovazione estetica (Figg. 1-7). L'obiettivo era pertanto progettare dei gioielli che raccontassero la loro origine in modo inedito e coerente, in quanto espressione estetica della cultura materica e formale del luogo.

In merito all'innovazione tecnologica, la ricerca ha riguardato lo studio e la selezione degli scarti delle lavorazioni artigianali, sui quali hanno avuto un ruolo importante il dialogo tra gli attori coinvolti e l'interazione con il territorio, al fine di valutarne le potenzialità. Nella metodologia, i passaggi dalla teoria alla pratica e viceversa non sono stati marcati, cosicché il momento della ricerca e il momento della azione si sono fusi (Celaschi, 2008). Per la scelta dei

materiali da utilizzare si sono prese in considerazione la loro reperibilità, l'assenza negli scarti di eventuali additivi chimici che potessero derivare da alcuni tipi di lavorazioni, e la possibilità di riuso con la manifattura additiva senza dover effettuare lavorazioni ulteriori.

La facilità di lavorazione dei biopolimeri ha così permesso la produzione di fili estrusati da utilizzare per lo stampaggio del gioiello (Gonzalez-Gutierrez et alii, 2018; Nguyen et alii; 2018) contenenti le materie selezionate: polvere di basalto e polvere di quercia. Il basalto è una roccia effusiva di origine vulcanica, di colore scuro o nero con un contenuto di silice ( $\text{SiO}_2$ ) relativamente basso; in Umbria si cava nella zona di Orvieto per essere utilizzato principalmente nel settore delle costruzioni, mentre la farina di basalto è facile da reperire perché attualmente è utilizzata in agricoltura come integratore in colture tradizionali sostituendo concimi di sintesi. La polvere di quercia è ugualmente disponibile, poiché in Umbria la superficie boschiva, estesa sul 44% del territorio regionale, ha una prevalenza di querce e lecci che dopo una prima lavorazione locale sono utilizzati per la realizzazione di arredi e pavimenti.

L'obiettivo è stato la progettazione di un ciclo produttivo chiuso, in cui il distretto produttivo sia capace di ridurre al minimo i materiali di risulta e la produzione di rifiuti da discarica (downcycle), evitandone il processo di smaltimento, complesso e dal costo elevato. Si tratta di un processo di elevata sostenibilità ambientale ed etica, nell'ottica di una Economia Circolare, definita dalla Ellen MacArthur Foundation (2015) come 'un'economia pensata per potersi rigenerare da sola', con due flussi di materiali: quelli biologici, in grado di essere reintegrati nella biosfera, e quelli tecnici, destinati a essere rivalorizzati senza entrare nella biosfera. Si tratta di stravolgere completamente l'idea attuale di rifiuto in un'ottica che vada verso la sua eliminazione, oltre che il suo riutilizzo, con una rivoluzione dei sistemi di produzione e di progettazione dei prodotti basati sull'approccio biomimetico 'cradle to cradle' (McDonough and Braungart, 2002), sull'ecologia industriale (Huber, 2000) e sulla Blue Economy (Pauli, 2014). In questo senso, il Design gioca un ruolo fondamentale in quanto è proprio a partire dalla concezione del prodotto che vanno prese decisioni che devono incidere in modo significativo sulla sostenibilità del prodotto, del processo produttivo e sull'intero ciclo di vita, stimolando processi virtuosi di cooperazione e nuovi modelli di business.

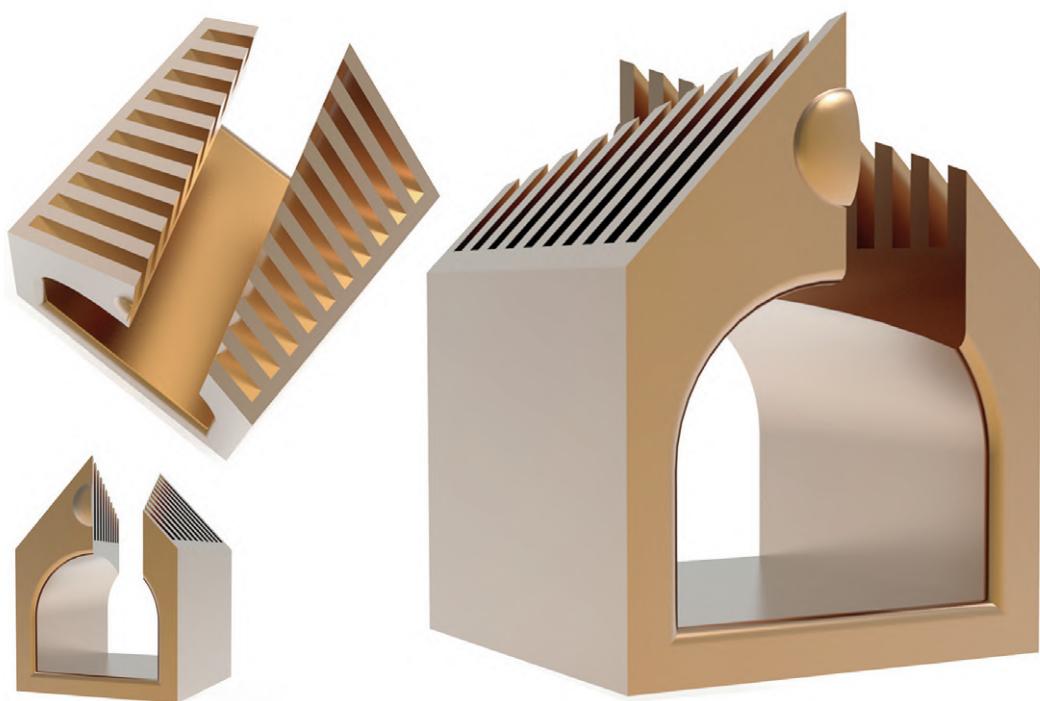
**La sperimentazione di nanotecnologie applicate al gioiello** | Lo stato dell'arte riporta ampia letteratura in merito alla possibilità di ottenere filamenti polimerici base PLA caricati con farine di legno (Tao et alii, 2017) oppure con prodotti ceramici volti a richiamare l'aspetto di una pietra (Chiulan et alii, 2018). La semplicità di realizzazione è confermata dalla presenza di numerosi prodotti già in commercio, ad alta carica legnosa e ceramica, che hanno però come limite principale un'innata fragilità e una difficile gestione della fase di processo, dovuta a una viscosità del filo in fusione particolarmente elevata. A tal fine, l'idea di realizza-

re fili con un processo di laboratorio non industrializzato è nata dalla possibilità di realizzare fili a viscosità controllata (variabile in funzione della quantità di carica additiva inserita) e con granulometrie tali da poter richiamare, dal punto di vista estetico, un oggetto con finitura quanto più naturale e simile a quello di un oggetto in legno o in pietra.

Sulla base di queste ipotesi, si è proceduto nella realizzazione di fili a diametro standard per stampante 3D utilizzando polvere di basalto e polvere di quercia (Figg. 8, 9). In particolare, la preparazione del filo estruso ha previsto l'utilizzo di un microestrusore, strumento utile per la miscelazione di particelle micro/nanometriche e polimeri allo stato fuso. In dettaglio, sono stati preparati fili di diametro medio 1,75 mm (polimero contenente il 20% in peso di carica) da utilizzare come bobina per la stampante 3D. Le polveri utilizzate sono state reperite presso la Basalti Orvieto Srl, e la dimensione media necessaria di 100-200 µm è stata ottenuta con polverizzazione successiva, mentre la farina di quercia è stata prelevata presso una falegnameria locale e setacciata in laboratorio per selezionare la granulometria funzionale alla preparazione del filo estruso. Il processo di estrusione ha previsto il caricamento dei granuli in camera di estrusione, dove l'acido polilattico è stato portato a fusione in un range di temperature compreso tra 175 e 185 °C per un tempo di miscelazione pari a 3 minuti a 90 rpm (in controllo di velocità). La preparazione del filo estruso, sia in presenza che in assenza della polvere, ha previsto una filatura in controllo di forza pari a 1100 N e temperatura della testa di estrusione pari a 180 °C.

In altri casi, grazie all'utilizzo della nanotecnologia è stato inoltre possibile depositare strati di nanoparticelle di oro, su substrati biopolimerici stampati in 3D, ottenendo una palette di colori oro per semplice evaporazione termica del metallo (Ivanova, Williams and Campbell, 2013). È noto come la produzione di oggetti metallici mediante stampa 3D sia economicamente non vantaggiosa, d'altro canto la possibilità di decorare con finitura in metallo un oggetto realizzato invece in materiale plastico porta indubbi vantaggi dal punto di vista dei costi, sia di materiale che di processo. Le tecniche di deposizione elettronotecnica hanno il vantaggio di poter ottenere spessori consistenti di deposizione, ma il limite principale sta proprio nella necessità di avere un elettrolita che risulti compatibile con le proprietà della matrice plastica, che cioè mantenga stabile, ad esempio dal punto di vista dimensionale, l'oggetto stampato (Bernasconi et alii, 2016; Liu et alii, 2019; Arun et alii, 2018). Al fine di una valenza estetica, è da ricordare come questo processo sia tecnologicamente perseguitibile solo se la bagnabilità e i requisiti di adesione di un eventuale inchiostro o metallizzazione siano pienamente soddisfatti: nello specifico, il biopolimero deve avere tensioni superficiali tali per cui non si origini un distacco del coating superficiale – evento che facilmente può avvenire in un oggetto stampato con finitura superficiale non adeguata (Niaounakis, 2015).

La deposizione mediante evaporazione termica su substrato polimerico risolve questi limiti



**Fig. 2** | Collection 'SPOlet me know' (by B. Terenzi) dedicated to the city of Spoleto; ring inspired by the Romanesque style of religious architecture; PLA with deposition of gold nanoparticles.

tecnologici, poiché crea solidità al coating metallico, necessita di rapidi tempi di deposizione e non compromette la bagnabilità della plastica in substrato, che non viene in alcun modo alterata. Se l'oggetto ha subito un processo di stampa additiva, alla compatibilità fisica si va ad aggiungere anche una compatibilità di tipo meccanico, per cui un coating aderisce meglio a un substrato con rugosità accentuata. Sulla base di queste ipotesi, si è suggerita l'evaporazione termica come metodologia di deposizione per gli oggetti realizzati mediante stampa 3D in acido polilattico (PLA). Si è eseguita l'evaporazione di un coating a base di oro (purezza 99,99%), spessore pari a 65 nanometri, mediante un evaporatore termico su substrati a base PLA stampati in 3D (Fig. 10). La deposizione è stata eseguita con velocità pari a 1 nm/s, mediante passaggio di corrente in crogiolo metallico, sublimazione delle particelle di oro, trasporto degli atomi dalla sorgente al substrato da ricoprire, deposizione delle particelle sul substrato e crescita del film.

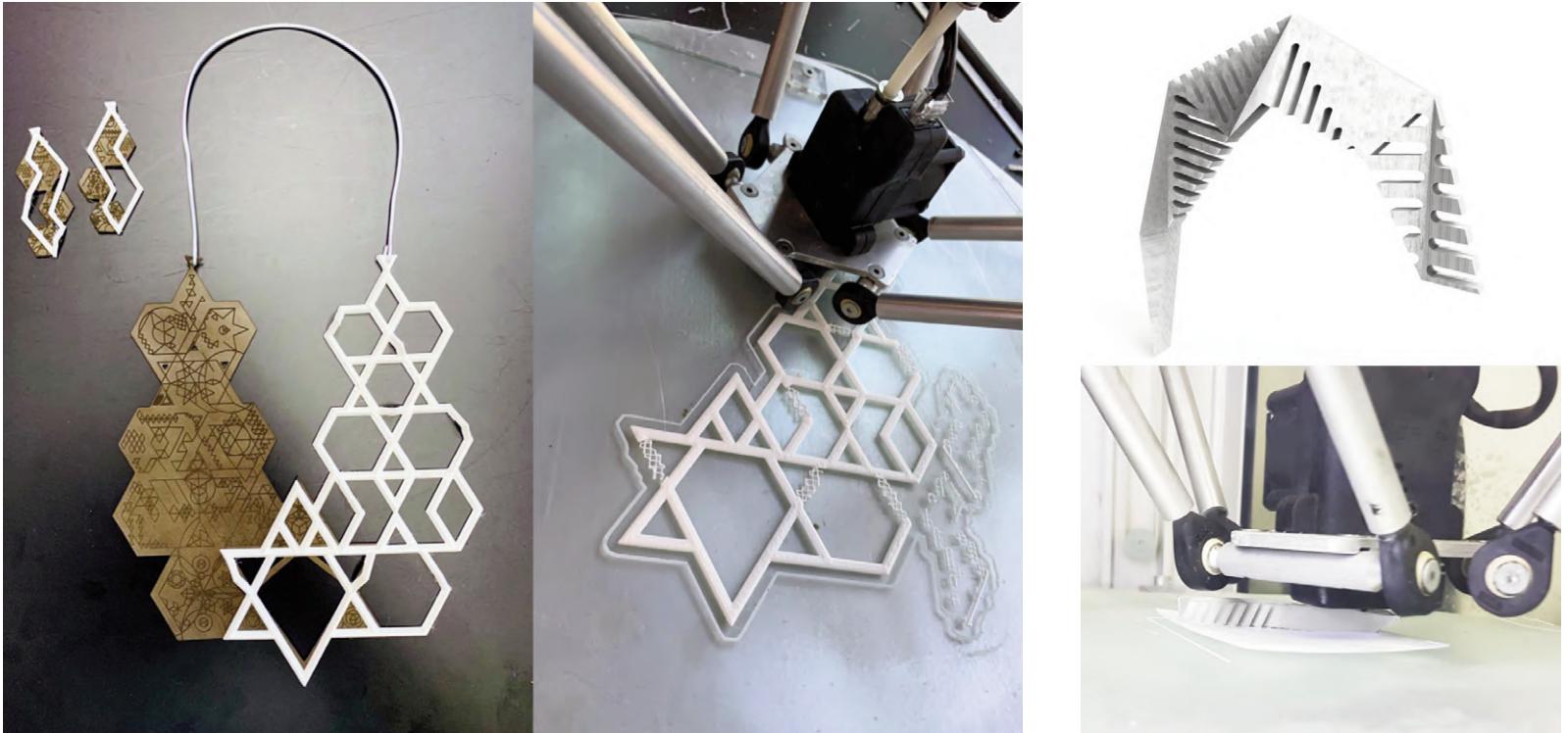
**Vantaggi, limiti e sviluppi futuri della ricerca** | Al momento, la ricerca sta lavorando per ottimizzare le performance dei materiali ottenuti per l'applicazione nel gioiello, ma ha individuato alcuni possibili sviluppi futuri. Rispetto alla realizzazione di fili con le farine selezionate, si vorrebbe sperimentare la colorazione del filo estruso in maniera omogenea utilizzando risorse naturali non sintetiche. Questo permetterebbe di avere un prodotto finito con colazioni più varie ed esteticamente più gradevoli rispetto alla colorazione naturale delle farine. In questo senso è auspicabile l'utilizzo di nanopigmenti o nanocariche pigmentate derivanti da scarti di tipo alimentare. I coloranti naturali più comuni, come i carotenoidi, le antocianine, le betanine e le clorofille, sono ad oggi utilizzati come colo-

ranti sicuri per cosmetici e alimenti, grazie al loro carattere non tossico: tuttavia non sono stati utilizzati largamente in altre applicazioni industriali, essenzialmente a causa della loro scarsa resistenza alle radiazioni e alla temperatura, e della loro limitata gamma di colori.

Al fine di poter utilizzare tali materiali nella produzione di un filo polimerico estruso, è necessario prevedere una fase di stabilizzazione del colorante. Si dovrebbero funzionalizzare nanocariche inorganiche, come le argille, con pigmenti naturali "verdi", quali i gialli dal limone, i rossi/blu dal melograno, i verdi da foglie, per poi incorporarli come additivi nella matrice polimerica. Sul mercato è possibile trovare rari esempi di filamenti naturali in PLA contenenti alghe naturali, scarti di produzione della birra e del caffè, scarti dei gusci delle cozze, ma non c'è traccia di filamenti coloranti con pigmenti naturali da scarti alimentari.

Sarebbe inoltre interessante formulare un filo a base PLA che contenga anche oli essenziali derivati da essenze locali con capacità antimicrobiche; questo compenserebbe la mancata antibattericità della plastica nel gioiello, proprietà invece presente in oggetti metallici. In commercio ci sono infatti filamenti resi antibatterici con l'uso di nanoparticelle metalliche che hanno applicazioni già testate nel campo biomedicale, del food packaging e nel settore aerospaziale (Zuniga, 2018). Si potrebbe invece prevedere l'utilizzo di additivi a lento rilascio, in grado di esercitare un'azione batterica duratura nel tempo, grazie alla capacità che queste molecole attive hanno di permeare e diffondere attraverso una matrice polimerica.

In merito alla tecnica di deposito di nanoparticelle, gli effetti di colore e aspetto superficiale di una tradizionale copertura galvanica sono relativamente numerosi, a fronte però di un processo tendenzialmente costoso e impattan-



**Figg. 3, 4** | Collection 'SPOlet me know' (by B. Terenzi). Necklace inspired by the cosmatesque floors of the Cathedral of Santa Maria Assunta: PLA with basalt flour; Bracelet inspired by 'Ponte delle Torri', PLA with basalt flour.

te dal punto di vista ambientale. La possibilità di poter produrre oggetti in plastica mediante stampa 3D ricopribili con tecniche di evaporazione termica apre la possibilità di utilizzo a settori che tradizionalmente fanno uso di galvanoplastica, come il settore automobilistico e dell'illuminazione, alla continua ricerca di alternative che possano incontrare le esigenze del design. Sarebbe anche auspicabile avere numerosi colori, a fronte della deposizione di una miscela di più metalli; inoltre si andrebbe ad ampliare il campo delle plastiche, attualmente al servizio della sola galvanoplastica, in quanto i polimeri che resistono a bagni chimici in alta temperatura e già commercialmente disponibili sono relativamente pochi (esempi sono ABS, poliammidi), mentre i termoplastici a bassa temperatura di fusione come il PLA (intorno ai 170 °C) non trovano ancora applicazione in questo settore per i limiti di resistenza alla degradazione termica. È importante sottolineare che la deposizione termica di uno spessore nanometrico non compromette in alcun modo la riciclabilità dell'oggetto e viene eseguita in tempi molto più brevi e con un consumo di risorse energetiche limitato.

Pur consapevoli che la strada verso una riduzione significativa dei rifiuti è ancora lunga, con un approccio come quello illustrato è possibile dimostrare che il genere umano possiede gli strumenti per impostare stili di vita più sostenibili ed eco-efficaci, e che la biodiversità della natura (insieme alla molteplicità e diversità delle imprese umane) costituisce di per sé una garanzia per uno sviluppo armonico. Lo studio vuole pertanto porre l'attenzione sulla metodologia adottata tracciando strade possibili alle quali l'intero comparto produttivo regionale (e non solo) possa guardare con interesse e propositività. L'applicazione nella progettazione di

gioielli è pertanto un caso esemplificato che ha un forte impatto a livello comunicativo e che intende aprire la strada ad applicazioni in molti altri e diversi settori produttivi.

**Conclusioni** | I gioielli Made in Italy fanno parte di quei settori della moda e del lusso che promuovono il 'saper fare' italiano all'estero. In Umbria, il mestiere orafo costituisce il fiore all'occhiello dell'antica tradizione artigiana e può contare su numerosi maestri orafi, un'eccellenza per doti creative, elevate abilità tecniche e antiche tradizioni tramandate da generazioni. L'intero settore necessita però di efficaci percorsi d'innovazione nel design e nella produzione, e di confrontarsi e interagire con la digitalizzazione, con i nuovi materiali e con le nuove tecnologie, per individuare una nuova identità che guarda al futuro. Con la premessa che la creatività istintiva tipica del settore non viene disconosciuta dai processi d'innovazione digitale, il lavoro intende guidare il comparto verso una maggiore specializzazione che vada a delineare una figura promiscua, quella dell'"artigiano digitale", nell'ottica di consolidare il vantaggio competitivo del Made in Italy a livello globale.

Partendo da questi presupposti, il processo avviato dalla ricerca ha promosso contaminazioni con settori produttivi apparentemente distanti e ha favorito modelli di economia circolare che puntano a riprogettare anche i processi, piuttosto che solo prodotti finiti. Infatti, la sfida maggiore che il design si trova ad affrontare oggi è quella di rivedere i modi in cui si produce, per dar vita a prodotti che creino una diversa interazione con gli utenti (Mortati and Villari, 2014). L'utilizzo di scarti da lavorazione e l'uso consapevole delle risorse qui presentati, che favoriscono interessanti e perfezionate 'materie prime seconde' inedite per il settore

orafo, permettono ai gioielli di assumere un nuovo valore simbolico e di affermarsi per il significato che l'utente attribuisce ad essi, in un approccio all'innovazione design-driven (Verganti, 2009).

Inoltre, sperimentando tecnologie di lavorazione, sfruttando le potenzialità di forme e materiali, attivando reti di persone, la ricerca promuove il rafforzamento dell'identità locale in prodotti ad alto valore aggiunto che rendano, da un lato, le attività economiche sostenibili da un punto di vista tecnico, economico, ambientale e sociale nel lungo periodo, dall'altro, gli attori tutti (dalle Pubbliche Amministrazioni ai consumatori finali) più consapevoli e coinvolti nella salvaguardia del capitale umano e territoriale. In quest'ottica, Istituzioni, Università e aziende devono lavorare insieme per trovare nuove soluzioni a bisogni emergenti, in risposta a sfide attuali come la sostenibilità, la salute, il benessere, lo sviluppo urbano, il risparmio energetico, il lavoro e la qualità della vita (Villari, 2013) per rafforzare i luoghi e creare valore per le persone. Pertanto il presente contributo rappresenta un approccio strategico al Design Territoriale, riavvicinando il progetto alla consapevolezza del grande patrimonio che contraddistingue il nostro Paese, riflettendo sul ruolo del design nell'innovazione laddove essa si riferisce anche alla capacità di migliorare i risultati sociali e creare valore per persone, luoghi e organizzazioni.

---

The ability to innovate, in terms of new products/services and production processes, is increasingly considered an essential condition to be able to operate successfully in today's economic context, characterized by increasingly rapid technological changes and increasing re-

search for the symbolic function of products, to the detriment of the merely utilitarian one (Aspen Institute Italia, 2012; Piergiovanni, Carree and Santarelli, 2012; Rullani, 2004). On the other hand, in the current global and interconnected scenario, the territorial element returns to play an important role in the generation of innovation: through 'tacit knowledge' (Trigilia, 2007) and the human capital on-site, interactions are created, often of an informal nature, which contribute to developing a particular 'creative atmosphere' (Bertacchini and Santagata, 2012). A unique and unrepeatable creativity, hic et nunc, which distinguishes a specific territory in a particular moment. Through long-lasting processes, the territory acquires its peculiarity, the result of the combination of nature/culture, i.e. having/being, knowing/doing. Enzo Rullani (2013), based on the paradigm of the Knowledge Economy, considers the territory as a 'cognitive multiplier'. He exalts the heritage of knowledge rooted in a specific territorial context (contextual knowledge) and the exchange of knowledge, both formal and informal, aimed at the propagation of innovations between companies, social actors and communities.

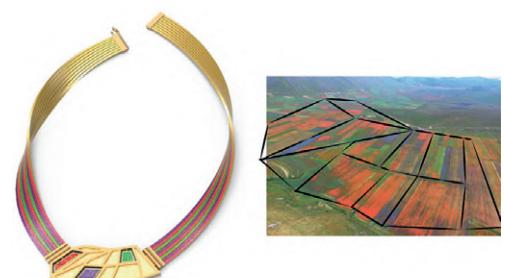
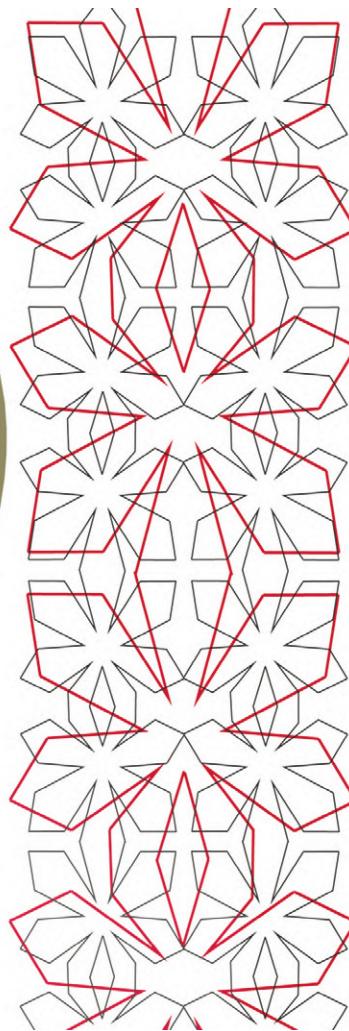
Latouche's 'democracy of cultures' and the uniforming and homologating Panikkar's critique of globalization understood as a 'new Babel tower' highlight how the Pluriversitas against Universitas is strongly re-emerging in the international debate, a rethinking of the Universum's 'single thought' in favour of a Pluriversum, a

pluralist as well as a pluralist world (Latouche and Panikkar, 2018). In this sense, the contribution intends to demonstrate the unprecedented possibilities of innovation generated by a strategic approach to design through the results of a research that aimed to spread the knowledge of regional excellence, starting from the design of a series of jewels that would highlight, in an innovative way, its Made in Umbria origin, enhancing in an original way the material and immaterial richness of the territory. This was made possible by integrating the use of 3D printing with the conscious use of waste materials and biopolymers thanks to the use of nanotechnology.

**Territorial Design |** Territorial Design is understood as that particular approach that fine-tunes territorial development strategies of which the territory is the co-author (Franzato, 2009); Flaviano Celaschi (2008) identifies its peculiar characteristics: in fact, it is multi-authorial, multidimensional and multidisciplinary, and interactive. It acts on the cognitive and material interaction relationship of the local network with the environment it refers to and with the ecosystem; it acts on society itself which, from below, seems to express an evolved capacity of innovation making the best use of existing physical and social resources, making systems both more efficient on the environmental level that more cohesive on the social one, according to the famous axiom 'everyone designs' (Manzini, 2015).

This consists in translating the potential of the context into communicable and exchangeable values, through processes of symbolic and material transformation of the environment (Dematteis, 2001). Therefore, it is evident the role of design in giving unity to the work of the plurality of involved actors and in defining an integrated strategy around innovation. This is a new 'think local and act global' approach as a renewed response to the traditional 'think global and act local' formula, particularly in Italy, which is historically characterized by a 'multi-faceted identity', where nowadays every territory, as an integrated place of skills, knowledge, culture, environmental assets, material and immaterial excellence, claims its reason to exist, to express itself and to be recognized.

And Territorial Design works precisely on local rootedness as an identifying and winning tool concerning the homologated global dimension, strongly reaffirming the value of the *genius loci* as an element of recognizability and affirmation of culture (Bassi, 2017), and acting on territorial capital understood as the complex of elements (material and immaterial) available to the territory, which can constitute strong points or real constraints, depending on the aspects taken into consideration (Farrell et alii, 1999). Magnaghi (2000) defines it as 'territorial heritage', emphasizing the fact that not only is the territorial capital something to be interpreted and used as we please, but it is also a legacy to be handed down, a 'lasting wealth'.



**Fig. 5 |** 'Komorebi' collection (by G. Moracci, F. Scubla and M. Tedino). Bracelet inspired by the texture of oak leaves; PLA structure with gold nanoparticles deposition, PLA interior with oak flour.

**Fig. 6 |** 'Vicolo' collection (by A. Carlotti, C. D'Archivio and G. Nassuato). Earrings and ring inspired by the alleys of Umbrian medieval cities; PLA with gold nanoparticles deposition and plexiglass.

**Fig. 7 |** 'Merope' collection (by A. Goretti, S. Ciacci and M. Gobbo). Necklace inspired by the texture created by the cultivations in the plain of Castelluccio of Norcia; PLA with gold nanoparticles deposition, leather coloured with pigments of food waste, stones.



**Fig. 8** | Rock, gravel and basalt powder; twin-screw extruder; PLA filament with basalt powder.

**Fig. 9** | Oak wood powder; PLA filament with wood powder.

**Design for the valorization of the Umbrian territorial heritage** | The work presented aims to underline the possibilities of aesthetic, technological and cultural innovation that arise from the overall strategy of a Territorial Design project. The research is part of the Interreg Europe CLAY Programme – of which the Umbria Region is the leader – which involved the Department of Civil and Environmental Engineering of Perugia (Scientific Director of research Prof. Paolo Belardi) and was created to spread knowledge of regional excellence. The first phase involved the accreditation of the Umbrian ceramic handicraft sector. The second phase aimed to explore the potential of the goldsmithing sector, by enhancing in an unprecedented way, the material and immaterial riches of the territory with a series of jewels that would highlight, in an innovative way, its Made in Umbria origin.

Therefore, the project worked, on the one hand, on the definition of the peculiarities of the natural and man-made environment, in terms of creativity and aesthetic expression and, on the other hand, on the use of 3D printing and the conscious use of resources. The research has worked on different dimensional levels, demonstrating the role of design as a ‘polyglot mediator’ of the different languages of the project at different scales of detail: the territorial scale, for the identification of those elements that define the value of the ‘territorial heritage’, the scale of the object, in the formal definition of jewels that tell the territory they belong to, the nanometric scale, for the development of technologies that exploit metals and local waste materials in an innovative way.

The research work wanted to offer a new perspective of process and product innovation that would allow the Umbrian goldsmith sector (as an example of Italian artisan production sectors) to respond, in a concrete way, to the need to interact with digital innovation and with the introduction of increasingly technological materials. At the same time, a peculiar aesthetics has emerged: it looks to the future and it is clearly declined, according to the peculiarities

of the territory of reference. From this point of view, the strong artisan imprint of Umbrian jewellery, characterized by human work – from the conception to the development and realization of the manufactured product – according to a personal culture of ‘know-how’ and sometimes guided by instinctive creativity, is not ignored by the introduction of digitization and 3D printing processes (Goretti et alii, 2019). They rather highlight the need for greater specialization and outline the figure of a ‘digital craftsman’ to maintain a competitive advantage of Made in Italy at a global level.

**Design for the goldsmith sector** | Jewellery has always been a middle ground between art, craftsmanship, fashion and design, tight on the one hand, by the typical authorship of the artist, on the other hand, by the fugacity of fashion. In addition to this, it should be mentioned that the tradition of craftsmanship often closed in the defence of precious materials as the main guarantee of eternity is added (Cappellieri, 2018). Jewellery design, in Italy, has therefore suffered from commonplaces, linked to the idea either the unique piece was a necessity or the aesthetics of tradition or precious and expensive materials. Until the 1970s and 1980s, years in which great Italian designers and architects tried, on several occasions, the creation of jewellery starts from a new point of view. But already in the late 1950s, a new generation of goldsmiths began to consider jewellery as a work of art, contesting its role in society and rejecting the conventions in which it was contained.

Nowadays, the richness of the idea prevails, in the common belief of modern jewellery, over the preciousness of the object. From a design point of view, this means that a great possibility of innovation has been created by welcoming the most advanced technology, in a new shared vision that aims to express a high emotional and communicative content more than the material richness. The jewel is available to the public as an expression of a responsible cultural choice, full of social values

and clearly endowed with ecological sensitivity. Through this new modernity of which they are the harbingers, jewels guide us in the search for beauty that is also expressed through the use of poor, waste, or recycled materials. And even when more precious materials such as gold and silver are still used, they are in any case rethought, depowered; according to Roland Barthes (2006), contemporary jewellery no longer shares the power of gold; it is still varied in form and materials, infinitely usable, no longer subject to the law of high prices nor to that of a particular, festive, almost sacralized use. As long as wealth regulated the rarity of the jewel, it could be evaluated according to price.

Alba Cappellieri (2018) identifies three possible futures for jewellery: precious tradition, wearable technologies and collective creativity. This last hypothesis represents the scenario in which Territorial Design can express itself, because it concerns the rethinking of creative and productive processes, offering new opportunities for innovation. Among these, the application of additive manufacturing is of particular interest, encompassing a wide and multiple families of technologies united by a process of additive material called layer by layer (Cappellieri, Del Curto and Tenuta, 2014). Available in outsourcing, these processes are also changing the jewellery production sector, with the possibility of creating new shapes and finishes, otherwise not possible, allowing to print, in a single construction process, parts made of heterogeneous materials, and paving the way for pushed customization.

This technology can be used to print a high-resolution wax model, from which a ‘lost wax’ casting can be subsequently obtained, but it can also be used to make the finished jewel. In the latter case, there may be limitations due to the types of materials that can be used, which affect both the mechanical and aesthetic properties of the finished pieces. The desire to transform this criticality into a new opportunity for innovation is at the basis of this research work. In fact, experimentation, diversification and contamination between tradition-

al and innovative materials and techniques are the watchwords to strengthen the ability to successfully oversee the complex and changing global market, generating products that are always new and highly creative (Gupta, 2019; Sepahvani, 2015).

**For an aesthetic and cultural innovation** | As for the aesthetic and formal expression of jewellery, the project has investigated the genius loci starting from the observation of reality and then from an in-depth analysis of the Umbrian territory in its past and recent history, to grasp its essential values and stratified peculiarities. The analysis with the direct investigation and desk research has especially concerned, in particular: 1) the natural landscape, in its declinations of water (springs, rivers and lakes) and hilly and mountainous reliefs, characterizing the skylines and natural textures; 2) the artificial landscape, i.e. the activities of anthropization in land use and architectural artefacts in the main historical periods; 3) craftsmanship and industry, with the related know-how and raw materials available and widespread. Starting from this common basis, the research has continued on two parallel tracks: on one hand, it has concerned the study and selection of the scraps of craftsmanship for their reuse with the support of nanotechnologies, with a view to technological innovation; on the other hand, it has identified invariants for each examined macro category, from which multiple formal declinations have emerged, with a view to aesthetic innovation (Figg. 1-7). The aim was therefore to design jewels that would recount their origin in a new and coherent way, as an aesthetic expression of the material and formal culture of the place.

As far as technological innovation is concerned, the research covered the study and the selection of the scraps of craftsmanship, on which the dialogue between the involved actors and the interaction with the territory played an important role, to evaluate their potential. In the methodology, the steps from theory to practice and vice versa were not marked, so that the moment of research and the moment of action merged (Celaschi, 2008). Availability, absence in the waste of any chemical additives that could derive from certain types of processing, and the possibility of reuse with additive manufacturing without having to carry out further processing, were taken into consideration for materials choice.

The ease of processing biopolymers has thus allowed the production of extruded spools, to be used for jewellery moulding (Gonzalez-Gutierrez et alii, 2018; Nguyen et alii, 2018), containing the selected materials: basalt powder and oak powder. Basalt is an effusive rock of volcanic origin, dark or black with a relatively low silica ( $\text{SiO}_2$ ) content; in Umbria, it is quarried in the Orvieto area, to be used mainly in the construction sector, while basalt flour is easy to find because it is currently used in agriculture as a supplement in traditional crops by replacing synthetic fertilizers. Oak powder is also available, since in Umbria the wooded area, covering 44% of the regional territory, has a prevalence of oaks and holm oaks that, after

initial local processing, are used for the construction of furniture and floors.

The purpose has been the design of a closed production cycle, in which the production district can minimize waste materials and the production of waste from landfills (downcycle), avoiding the complex and high-cost disposal process. It is a process of high environmental sustainability and ethics, in the perspective of a Circular Economy, defined by the Ellen MacArthur Foundation (2015) as 'an economy designed to regenerate itself', with two flows of materials: biological ones, able to be reintegrated into the biosphere, and technical ones, destined to be revalued without entering the biosphere. It deals with completely overturning the current idea of waste with a view to its elimination, as well as its reuse, with a revolution in production and product design systems, based on the 'cradle to cradle' biomimetic approach (McDonough and Braungart, 2002), industrial ecology (Huber, 2000) and the Blue Economy (Pauli, 2014). Design plays in this sense a fundamental role, as it is precisely from the conception of the product that decisions, that have a significant impact on product sustainability, production process and entire life cycle, stimulating virtuous processes of cooperation and new business models, must be taken.

**Experimentation with nanotechnology applied to jewellery** | The state of the art reports extensive literature on the possibility of obtaining PLA-based polymeric filaments loaded with wood flour (Tao et alii, 2017) or with ceramic products that want to resemble stone (Chiulan et alii, 2018). The ease of realization is confirmed by the presence of numerous products, already on the market, with a high content of wood and ceramic fillers, which however have, as the main limit, an innate fragility and difficult management of the process phase, due to particularly high viscosity of the filament during melting. To this end, the idea of making filaments with a non-industrialized laboratory process was born, from the possibility of making filaments with controlled viscosity (variable according to the amount of additive filler) and with granulometry to aesthetically resemble a natural finish object as similar to that of an object in wood or stone.

Based on these assumptions, standard diameter filaments for 3D printers were made, using basalt and oak powder (Figg. 8, 9). In particular, the preparation of the extruded filament involved the use of a micro extruder, a useful tool for mixing micro/nanometric particles and polymers in the molten state. In detail, filaments with an average diameter of 1.75 mm (polymer containing 20% by weight of filler) were prepared to be used as a spool for the 3D printer. The used powders were found at Basalti Orvieto Srl, and the required average size of 100-200  $\mu\text{m}$  was obtained by subsequent pulverization, while the oak flour was taken from a local carpenter's shop and sieved in the laboratory to select the grain functional size to the preparation of the extruded filament. The extrusion process involved loading the granules into the extrusion chamber in which the polylactic acid was melted in a tem-

perature range of 175 to 185 °C for a mixing time of 3 minutes at 90 rpm (in speed control). The preparation of the extruded filament, both in presence and in absence of the filler, was done by spinning in force control of 1100 N and extrusion head at a temperature of 180 °C.

In other cases, thanks to the use of nanotechnology, it has also been possible to deposit layers of gold nanoparticles, on 3D printed biopolymeric substrates, obtaining a gold colour palette by simple thermal evaporation of the metal (Ivanova, Williams and Campbell, 2013). It is well known that the production of metal objects by 3D printing is not economically advantageous, on the other hand, the possibility of decorating an object made of plastic material with a metal finish brings undoubtedly advantages from the point of view of costs, both material and process. Electrolytic deposition techniques have the advantage of being able to obtain consistent deposition thicknesses, but the main limit lies in the need to have an electrolyte that is compatible with the properties of the plastic matrix, i.e. that keeps the printed object stable, for example from the dimensional point of view (Bernasconi et alii, 2016; Liu et alii, 2019; Arun et alii, 2018). For the sake of aesthetic value, it should be considered that this process is technologically feasible only if the wettability and adhesion requirements of any ink or metallization are fully met: specifically, the biopolymer must have such surface tensions that the surface coating does not detach – an event that can easily occur in a printed object with an inadequate surface finish (Niaounakis, 2015).

Deposition by thermal evaporation on a polymeric substrate solves these technological limits since it creates solidity to the metal coating, it requires rapid deposition times and does not compromise the wettability of the plastic in the substrate, which is not altered in any way. If the object has undergone an additive printing process, mechanical compatibility is added to the physical compatibility, so that a coating adheres better to a substrate with accentuated roughness. Based on these hypotheses, thermal evaporation has been suggested as a deposition methodology for objects made by 3D printing in polylactic acid (PLA). The evaporation of a gold-based coating (purity 99.99%), 65 nanometers thick, was performed using a thermal evaporator on 3D printed PLA-based substrates (Fig. 10). The deposition was performed at a rate of 1 nm/s by the passage of current through a metal crucible, sublimation of the gold particles, transport of the atoms from the source to the substrate to be coated, deposition of the particles on the substrate and film growth.

**Advantages, limits and future developments of the research** | At the moment, the research is working to optimize the performance of the materials obtained for application in jewellery, but has identified some possible future developments. Compared to the production of filaments with selected flours, we would like to experiment with the colouring of the extruded filament homogeneously, using non-synthetic natural resources. This would allow having a



**Fig. 10** | Evaporator, detail of the evaporation chamber with target detail and arrangement of the samples in the chamber, deposited samples.

finished product with more varied and aesthetically pleasing colours, compared to the natural colouring of flours. In this sense, it is desirable to use nano pigments or pigmented nanofillers derived from food waste. The most common natural colourants, such as carotenoids, anthocyanins, betanins and chlorophylls, are currently used as safe colourants for cosmetics and food, thanks to their non-toxic character; however, they have not been widely used in other industrial applications, mainly because of their poor resistance to radiation and temperature, and their limited range of colours.

In order to be able to use these materials in the production of an extruded polymeric filament, it is necessary to provide a stabilization phase of the dye. Inorganic nanofillers, such as clays, should be functionalized with natural 'green' pigments, such as lemon yellows, pomegranate reds/blues and leaf greens and incorporated as additives into the polymeric matrix. On the market, rare examples of PLA filaments containing natural algae, beer and coffee production waste, mussel shell waste, can be found, while there is no trace of colouring filaments with natural pigments from food waste. It would also be interesting to formulate a PLA-based filament that also contains essential oils derived from local essences with antimicrobial capacity; this would compensate for the lack of antibacterial properties of plastic in jewellery, which is indeed present in metal objects. On the market, filaments made antibacterial with the use of metal nanoparticles are available, already tested in the biomedical, food packaging and aerospace sectors (Zuniga, 2018). The use of slow-release additives, capable of exerting a long-lasting bacterial action over time, could instead be envisaged, essentially due to the ability that these active molecules have to permeate and diffuse through a polymeric matrix.

As regards to the nanoparticle deposition technique, the effects of colour and surface appearance of a traditional galvanic coating are relatively numerous, but the process tends to be expensive and environmentally impacting. The possibility of producing plastic objects by 3D printing that can be coated with thermal evaporation techniques opens the use to sectors that traditionally use galvano-plastics, such as the automotive and lighting sectors, that are

in constant search for alternatives that can meet the needs of the design. It would also be desirable to have numerous colours, in the face of the deposition of a mixture of several metals; moreover, the field of plastics, currently serving only galvano-plastics, would be expanded, as polymers that resist high-temperature chemical baths and are already commercially available are relatively few (examples are ABS (acrylonitrile butadiene styrene), polyamides), while low melting temperature thermoplastics (around 170 °C), such as PLA, are not yet applied in this sector, due to the limits of resistance to thermal degradation. It is important to stress that thermal deposition of a nanometric thickness in no way compromises the recyclability of the object, it is carried out in a much shorter time and with limited consumption of energy resources.

Although we are aware that there is still a long way to go towards a significant reduction in waste, with an approach such as the one illustrated above, it is possible to demonstrate that mankind has the tools to set up more sustainable and eco-efficient lifestyles and that the biodiversity of nature (together with the multiplicity and diversity of human enterprises) is in itself a guarantee for harmonious development. The study, therefore, wants to draw attention to the adopted methodology, outlining possible ways in which the entire regional production sector (and not only) can look at it with interest and proposition. The application in jewellery design is, therefore, an exemplified case that has a strong communicative impact and intends to pave the way for applications in many other and different production sectors.

**Conclusions** | Made in Italy jewellery is part of those sectors of fashion and luxury that promote Italian 'know-how' abroad. In Umbria, the goldsmith's craft is the pride and joy of the ancient artisan tradition and can count on numerous master goldsmiths, excellence for creative skills, high technical skills and ancient traditions handed down through generations. However, the entire sector needs effective paths of innovation in design and production, and to confront and interact with digitization, new materials and new technologies, to identify a new identity that looks to the future. (With the premise) Firstly, is it necessary considering

that the instinctive creativity typical of the sector is neither ignored or disowned by the processes of digital innovation; contrariwise the work intends to guide the sector towards a greater specialization that will delineate the promiscuous figure of 'digital artisan', to consolidate the competitive advantage of Made in Italy at a global level.

Starting from these assumptions, the process initiated by the research has promoted contamination with apparently distant production sectors and has favoured models of a circular economy, which also aim at redesigning processes, rather than just finished products. In fact, the major challenge that design faces today is to review how it is produced, to create products that generate a different interaction with users (Mortati and Villari, 2014). The use of processing waste and the conscious use of the resources presented here, which favour interesting and perfected 'second raw materials' new to the goldsmith sector, allow jewellery to take on a new symbolic value and to establish itself for the meaning that the user attributes to them, in a design-driven approach to innovation (Verganti, 2009).

Moreover, by experimenting processing technologies, exploiting the potential of forms and materials, activating networks of people, the research promotes the strengthening of local identity in products with high added value, that make, on one hand, economic activities sustainable from a technical, economic, environmental and social point of view in the long term, on the other hand, all actors (from Public Administrations to final consumers) more aware and involved in safeguarding human and territorial capital. In this perspective, institutions, universities and companies must work together to find new solutions to emerging needs, in response to current challenges such as sustainability, health, well-being, urban development, energy-saving, work and quality of life (Villari, 2013) to strengthen places and create value for people. Therefore, this contribution represents a strategic approach to Territorial Design, bringing the project closer to the awareness of the great heritage that distinguishes our country, reflecting on the role of design in innovation, where it also refers to the ability to improve social outcomes and create value for people, places and organizations.

## Acknowledgements

The contribution, resulting from a common reflection, is to be attributed in equal parts to Authors.

## References

- Arun, K., Aravindh, K., Raja, K., Jeeva, P. A. and Karthikeyan, S. (2018), "Metallization of PLA plastics prepared by FDM-RP process and evaluation of corrosion and hardness characteristics", in *Materials Today: Proceedings*, vol. 5, issue 5, part 2, pp. 13107-13110. [Online] Available at: doi.org/10.1016/j.matpr.2018.02.299 [Accessed 13 March 2020].
- Aspen Institute Italia (2012), *Innovation as driver to improve Italian competitiveness*. [Online] Available at: www.aspeninstitute.it/en/system/files/private\_files/2012-05/doc/Innovation%20(English).pdf [Accessed 13 March 2020].
- Barthes, R. (2006), *Il senso della moda – Forme e significati dell'abbigliamento*, Einaudi, Milano.
- Bassi, A. (2017), *Design contemporaneo – Istruzioni per l'uso*, Il Mulino, Bologna.
- Bernasconi, R., Natale, G., Levi, M. and Magagnin, L. (2016), "Electroless Plating of NiP and Cu on Polylactic Acid and Polyethylene Terephthalate Glycol-Modified for 3D Printed Flexible Substrates", in *Journal of The Electrochemical Society*, vol. 163, n. 9, pp. D526-D531. [Online] Available at: doi.org/10.1149/2.1201609jes [Accessed 31 March 2020].
- Bertacchini E. and Santagata, W. (2012), *Atmosfera creativa – Un modello di sviluppo sostenibile per il Piemonte fondato su cultura e creatività*, Il Mulino, Bologna.
- Cappellieri, A. (2018), *Gioielli – Dall'Art Nouveau al 3D Printing*, Skira, Milano.
- Cappellieri, A., Del Curto, B. and Tenuta, L. (2014), *Intorno al futuro – Nuovi materiali e nuove tecnologie per il gioiello / Around the future – New materials and new technologies for jewellery*, Marsilio, Venezia.
- Celaschi, F. (2008), "Fondamenti del piano di marketing dell'Oltrepò Mantovano", in Casoni, G., Fanzini, D. and Trocchianesi, R. (eds), *Progetti per lo sviluppo del territorio – Marketing strategico dell'Oltrepò Mantovano*, Maggioli, Milano, pp. 30-37.
- Chiulan, I., Frone, A. N., Brandabur, C. and Panaiteanu, D. M. (2018), "Recent Advances in 3D Printing of Aliphatic Polyesters", in *Bioengineering*, vol. 5, issue 1, pp. 1-18. [Online] Available at: doi.org/10.3390/bioengineering5010002 [Accessed 31 March 2020].
- Dematteis, G. (2001), "Per una geografia della territorialità attiva e dei valori territoriali", in Bonora, P. (ed.), *SLoT – Quaderno 1*, Baskerville UniPress, Bologna, pp. 11-30.
- Ellen MacArthur Foundation (2015), *Growth Within – A circular economy vision for a competitive Europe*. [Online] Available at: www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/EllenMacArthurFoundation\_Growth-Within\_July15.pdf [Accessed 22 April 2020].
- Farrell, G., Thirion, S., Soto, P., Champetier, Y. and Janot, J. L. (1999), *La competitività territoriale – Costruire una strategia di sviluppo territoriale alla luce dell'esperienza LEADER | Innovazione in ambiente rurale*, quaderno n. 6, fascicolo 1.
- Franzato, C. (2009), "Design nel progetto territoriale", in *Strategic Design Research Journal*, vol. 2, n. 1, pp. 1-6. [Online] Available at: doi.org/10.4013/sdrj.2009.21.01 [Accessed 08 January 2020].
- Gonzalez-Gutierrez, J., Cano, S., Schuschnigg, S., Kukla, C., Sapkota, J. and Holzer, C. (2018), "Additive Manufacturing of Metallic and Ceramic Components by the Material Extrusion of Highly-Filled Polymers – A Review and Future Perspectives", in *Materials*, vol. 11, issue 5, article 840, pp. 1-36. [Online] Available at: doi.org/10.3390/ma11050840 [Accessed 15 January 2020].
- Goretti, G., Cianfanelli, E., Terenzi, B., Tuffarelli, M. and Trivellin, E. (2019), "Artisan as a Maker or Artisan as a not Recognized Co-designer?", in Di Nicolantonio, M., Rossi, E. and Alexander, T. (eds), *Advances in Additive Manufacturing, Modeling Systems and 3D Prototyping – Proceedings of the AHFE 2019 International Conference, July 24-28, 2019, Washington D.C, USA*, Springer, Cham, pp. 48-59. [Online] Available at: hdl.handle.net/2158/1161034 [Accessed 18 January 2020].
- Gupta, A. (2019), *How 3D Printing and Nanotechnology will Revolutionize Luxury*. [Online] Available at: www.luxurysociety.com/en/articles/2019/03/traditional-craft-vs-modern-technology-3d-printing-nanotechnology-revolutionize-luxury/ [Accessed 10 January 2020].
- Huber, J. (2000), "Towards Industrial Ecology: Sustainable Development as a Concept of Ecological Modernization", in *Journal of Environmental Policy and Planning*, vol. 2, issue 4, pp. 269-285.
- Ivanova, O., Williams, C. B. and Campbell, T. (2013), "Additive Manufacturing (AM) and Nanotechnology: Promises and Challenges", in *Rapid Prototyping Journal*, vol. 19, n. 5, pp. 353-364. [Online] Available at: doi.org/10.1108/RPJ-12-2011-0127 [Accessed 28 January 2020].
- Latouche, S. and Panikkar, R. (2018), *Pluriversum – Per una democrazia delle culture*, Jaka Book, Milano.
- Liu, Z., Wang, Y., Wu, B., Cui, C., Guo, Y. and Yan, C. (2019), "A critical review of fused deposition modeling 3D printing technology in manufacturing polylactic acid parts", in *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, vol. 102, pp. 2877-2889. [Online] Available at: doi.org/10.1007/s00170-019-03332-x [Accessed 31 March 2020].
- Magnaghi, A. (2000), *Il progetto locale – Verso la coscienza del luogo*, Bollati Boringhieri, Torino.
- Manzini, E. (2015), *Design, When Everybody Designs – An Introduction to Design for Social Innovation*, MIT Press, Cambridge-London.
- McDonough, W. and Braungart, M. (2002), *Cradle To Cradle – Remaking The Way We Make Things*, North Point Press, New York.
- Mortati, M. and Villari, B. (2014), "Design for Social Innovation: Building a Framework of Connection Between Design and Social Innovation", in Sangiorgi, D., Hands, D. and Murphy, E. (eds), *ServDes.2014 – Service Future – The fourth Service Design and Service Innovation Conference, Lancaster University, United Kingdom, 9-14 April 2014*, Linköping University Electronic Press Linköping, pp. 79-88. [Online] Available at: www.ep.liu.se/ecp/099/ecp14099.pdf [Accessed 23 April 2020].
- Nguyen, N. A., Barnes, S. H., Bowland, C. C., Meek, K. M., Littrell, K. C., Keum, J. K. and Naskar, A. K. (2018), "A path for lignin valorization via additive manufacturing of high-performance sustainable composites with enhanced 3D printability", in *Science Advances*, vol. 4, n. 12, pp. 1-15. [Online] Available at: doi.org/10.1126/sciadv.aa4967 [Accessed 31 January 2020].
- Niaounakis, M. (2015), *Biopolymers – Applications and Trends*, William Andrew, Oxford (UK).
- Pauli, G. (2014), *Blue Economy – 10 anni, 100 innovazioni, 100 milioni di posti di lavoro* [or. ed. *Blue economy – 10 Years, 100 Innovations, 100 Millions Jobs*, 2010], Edizioni Ambiente, Milano.
- Piergiovanni, R., Carree, M. A. and Santarelli, E. (2012), "Creative industries, new business formation, and regional economic growth", in *Small Business Economics*, vol. 39, issue 3, pp. 539-560.
- Rullani, E. (2013), "Territori in transizione: nuove reti e nuove identità per le economie e le società locali", in *Sinergie / Rivista di studi e ricerche*, vol. 31, p. 141-163. [Online] Available at: doi.org/10.7433/s91.2013.08 [Accessed 31 January 2020].
- Rullani, E. (2004), *Economia della conoscenza – Creatività e valore nel capitalismo delle reti*, Carocci, Roma.
- Sepahvani, P. (2015), *Influences of additive manufacturing (3d printers) on the production cost and future of jewelry industry*, Thesis of Master of Science in Management Engineering, Department of Management, Econometrics and Industrial Engineering, Supervisor: Prof. Alessandro Brun. [Online] Available at: www.politesi.polimi.it/bitstream/10589/131816/6/Parisa%20Sepahvani%20thesis%20final2.pdf [Accessed 10 January 2020].
- Tao, Y., Wang, H., Li, Z., Li, P. and Shi, S. Q. (2017), "Development and Application of Wood Flour-Filled Polylactic Acid Composite Filament for 3D Printing", in *Materials*, vol. 10, issue 4, article 339, pp. 1-6. [Online] doi.org/10.3390/ma10040339 [Accessed 31 March 2020].
- Trigilia, C. (2007), *La costruzione sociale dell'innovazione – Economia, società e territorio*, Firenze Università Press, Firenze.
- Verganti, R. (2009), *Design-Driven innovation – Cambiare le regole della competizione innovando radicalmente il significato dei prodotti e dei servizi*, Rizzoli, Milano.
- Villari, B. (2013), *Design, Comunità, Territory – Un approccio community-centred per progettare relazioni, strategie e servizi*, Libraccio Editore, Milano.
- Zuniga, J. M. (2018), "3D Printed Antibacterial Prostheses", in *Applied Science*, vol. 8, issue 9, article 1651, pp. 1-10. [Online] Available at: doi.org/10.3390/app8091651 [Accessed 31 March 2020].

Printed in June 2020  
by FOTOGRAFH s.r.l.  
viale delle Alpi n. 59 | 90144 Palermo | Italy