TECHNE

Journal of Technology for Architecture and Environment

30 | 2025

TRASFERIMENTO TECNOLOGICO E NUOVI ORIZZONTI DI RICERCA

technological transfer and new research horizon

on line ISSN 2239-0243

FIRENZE UNIVERSITY PRESS

SITdA

TECHNE

Journal of Technology for Architecture and Environment

Issue 30
Year 15

Direttore/*Director*
Mario Losasso

Comitato Scientifico/*Scientific Committee*
Gabriella Caterina, Gianfranco Dioguardi, Paolo Felli, Luigi Ferrara, Cristina Forlani, Franz Graf, Helen Lochhead, Maria Teresa Lucarelli, Lorenzo Matteoli, Gabriella Peretti, Edo Ronchi, Fabrizio Schiaffonati, Paolo Tombesi, Maria Chiara Torricelli

Direttore Editoriale/*Editor in Chief*
Elena Mussinelli

Comitato Editorale/*Editorial Board Members*
Filippo Angelucci, Alessandra Battisti, Andrea Boeri, Valeria D'Ambrosio, Paola Gallo, Francesca Giglio, Antonella Violano

Assistenti Editoriali/*Assistant Editors*
Cristiana Cellucci, Antonello Monsù Scolaro, Katia Perini, Francesca Thiébat

Segreteria di Redazione/*Editorial Staff*
Francesca Anania, Nazly Atta, Giovanni Castaldo, Maria Fabrizia Clemente, Michele Conteduca, Serena Giorgi, Nicola Panzini, Federica Romagnoli, Sara Verde, Giulia Vignati

Progetto grafico/*Graphic Design*
Veronica Dal Buono

Progettazione grafica esecutiva/*Executive Graphic Design*
Giulia Pellegrini

Editorial Office
c/o SIT*d*A onlus,
Via Toledo 402, 80134 Napoli
Email: redazionetechne@sitda.net

Issues per year: 2

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

Journal of SIT*d*A (Società Italiana della Tecnologia dell'Architettura)

© Author(s). This is an open access, peer-reviewed article published by Firenze University Press (https://www.fupress.com) and distributed, except where otherwise noted, under the terms of the CC BY 4.0 License for content and CC0 1.0 Universal for metadata.

REVISORI / *REFEREES*

Per le attività svolte nel 2024-2025 relative al Double-Blind Peer Review process, si ringraziano i seguenti Revisori:
As concern the Double-Blind Peer Review process done in 2024-2025, we would thanks the following Referees:

2024
Luigi Alini, Davide Allegri, Ermini Attaianese, Antonio Basti, Adolfo Baratta, Chiara Bedon, Mariangela Bellomo, Oscar Bellini, Anita Bianco, Roberto Bolici, Maddalena Buffoli, Marta Calzolari, Cristiana Cellucci, Andrea Ciaramella, Domenico Chizzoniti, Alessandra Cucurnia, Alberto De Capua, Federico De Matteis, Maria De Santis, Pasquale De Toro, Federica Dell'Acqua, Domenico D'Olimpio, Francesco Fabris, Antonella Falotico, Daniele Fanzini, Massimo Ferrari, Enrico Formato, Matteo Gambaro, Andrea Giachetta, Roberto Giordano, Francesca Giofrè, Elisabetta Ginelli, Valentina Gianfrate, Mattia Leone, Maria Teresa Lucarelli, Viktor Malakuczi, Adriano Magliocco, Rossella Maspoli, Antonello Monsù Scolaro, Consuelo Nava, Pietro Nunziante, Filippo Orsini, Spartaco Paris, Francesco Pastura, Gabriella Peretti, Riccardo Pollo, Gabriella Pultrone, Donatella Radogna, Ernesto Ramon Rispoli, Chiara Rizzi, Rosa Romano, Massimo Rossetti, Fabrizio Schiaffonati, Alessandro Sgobbo, Simone Secchi, Nicoletta Setola, Cesare Sposito, Silvia Tedesco, Enza Tersigni, Benedetta Terenzi, Maria Chiara Torricelli, Dario Trabucco, Gaia Turchetti, Teresa Villani, Ignazio Vinci, Rosa Maria Vitrano.

2025
Vitangelo Ardito, Paola Ascione, Ernesto Antonini, Antonio Basti, Chiara Bedon, Eliana Cangelli, Monica Cannaviello, Monica Cannaviello, Giacomo Chiesa, Roberta Cocci Grifoni, Alessandro Claudi de Saint Miheil, Federica Dell'Acqua, Anna Dalla Valle, Maddalena Ferretti, Massimo Lauria, Mattia Federico Leone, Monica Lavagna, Maria Teresa Lucarelli, Lucia Mastrolonardo, Martino Milardi, Martino Milardi, Consuelo Nava, Consuelo Nava, Federica Ottone, Alessandro Rogora, Rosa Romano, Rosa Romano, Massimo Rossetti, Monica Rossi Schwarzenbeck, Sergio Russo-Ermolli, Sergio Russo-Ermolli, Marina Rigillo, Emanuele Sommariva, Valeria Tatano, Benedetta Terenzi, Marina Tornatora, Antonella Trombadore, Antonella Trombadore, Renata Valente, Renata Valente, Cristina Visconti.

SITdA
Società Italiana della Tecnologia dell'Architettura

TRASFERIMENTO TECNOLOGICO E NUOVI ORIZZONTI DI RICERCA
Connettere università, industria e comunità per innovare e trasformare la società
TECHNOLOGICAL TRANSFER AND NEW RESEARCH HORIZON
Connecting university, industry and communities to innovate and transform society

INTRODUZIONE AL TEMA *INTRODUCTION TO THE ISSUE*

7 | Il trasferimento tecnologico come connessione fra ricerca, innovazione e mercato
Technology transfer, the connection between research, innovation and market
Mario Losasso, Presidente SITdA,

EDITORIALE *EDITORIAL*

9 | Ricerca e progetto. Trasferimento di conoscenze
Research and design. Knowledge transfer
Elena Mussinelli

DOSSIER a cura di/*edited by* Alessandra Battisti e Antonella Violano

13 | Trasferimento tecnologico e nuove sfide per la ricerca Tecnologica-Ambientale dell'architettura
Technology transfer and new challenges for Technological-Environmental research in architecture
Filippo Angelucci, Maria Teresa Lucarelli

19 | Trasferimento Tecnologico. Scenari di innovazione e metriche dialogiche per il settore delle costruzioni
Technology Transfer. Innovation scenarios and dialogical metrics for the construction sector
Antonio Cianciulli, Guido Cianciulli, Massimo Lauria

25 | Il trasferimento tecnologico come motore di innovazione e catalizzatore di sviluppo per le aree urbane
Technology transfer as a driver of innovation and catalyst for the development of urban areas
Roberto Vona, Nadia Di Paola, Silvia Cosimato

30 | Il trasferimento tecnologico come valore
Technological Transfer as cash value
Andrea Pitasi

REPORTAGE CALL FOR PHOTO a cura di/*edited by Francesca Thiébat and Cristiana Cellucci*

37 | Ricerca e fotografia: trasferimento di conoscenza per la transizione socio-ecologica
Research and Photography: Knowledge Transfer for Socio-Ecological Transition
Francesca Thiébat, Cristiana Cellucci

CONTRIBUTI *CONTRIBUTIONS*

SAGGI E PUNTI DI VISTA *ESSAYS AND VIEWPOINTS*

50 | *Fill the gap*. Strategie di avvicinamento tra università e PMI nelle attività di TT
Fill the gap. Strategies to get universities and SMEs closer in TT activities
Massimo Rossetti

57 | La prassi del progetto come veicolo di conoscenza tra Università e professione
The practice of design as a vehicle for knowledge, between university and professional practice
Giulia Vignati, Gianluca Pozzi, Laura Daglio, Elisabetta Ginelli

69 | Trasferimento tecnologico e metodologie evolutive dei sistemi costruttivi
Technology transfer and advanced methodologies of building systems
Massimiliano Nastri

RICERCA E SPERIMENTAZIONE *RESEARCH AND EXPERIMENTATION*

83 | Ricerca-azione e terza missione: esperienze innovative nella progettazione europea
Research-action and third mission: innovative experiences in European design
Rossella Roversi, Andrea Boeri, Francesca Sabatini

95 | Ricerca e imprenditorialità accademica. Trasferimento tecnologico in contesti di transizione digitale e decarbonizzazione dell'ambiente costruito
Research and Academic Entrepreneurship: Technological Transfer in the Contexts of Digital Transition and Decarbonisation of the Built Environment
Maria Azzalin

108 *Public engagement* per lo sviluppo locale: progetti per la biodiversità e la tutela dell'ambiente
Public engagement for local development: projects for biodiversity and environmental protection
Lorenzo Savio, Elena Montacchini, Silvia Tedesco, Paola Gullino

118 *RAISE e(co)-cities*. Ecosistemi, nuove tecnologie e sviluppo socioeconomico in reti multi-urbane
RAISE e(co)-cities. Ecosystems, new technologies, and socioeconomic development in multi-urban networks
Niccolò Casiddu, Manuel Gausa Navarro, Silvia Pericu, Nicola Valentino Canessa, Claudia Porfirione, Chiara Centanaro, Francesco Burlando

128 *Governance* urbana e innovazione scientifica: modelli collaborativi per la transizione climatica
Urban governance and scientific innovation: collaborative models for climate transition
Saveria Olga Murielle Boulanger, Danila Longo, Beatrice Turillazzi

137 Trasferimento Tecnologico e Innovazione per la Resilienza Climatica in ambito Urbano: possibile integrazione dei servizi ecosistemici nella pianificazione urbanistica a Reggio Calabria (Italy)
Technology transfer and innovation for climate resilience in urban areas: possible integration of ecosystem services in urban planning in Reggio Calabria (Italy)
Francesca Moraci, Alessandra Barresi, Francesco Trimboli, Pietro Bova

150 Partenerati estesi e condivisione di conoscenza: l'approccio del *RETURN Urban Living Lab* per l'innovazione socio-ecologica-tecnologica
Extended partnership and knowledge sharing: the RETURN Urban Living Lab approach to social-ecological-technological innovation
Maria Fabrizia Clemente, Bruna Vendemmia, Libera Amenta

161 Code4Risk: il co-design come pratica di condivisione delle conoscenze per la città resiliente
Code4Risk: co-design as a knowledge-sharing practice for the resilient city
Maria Vittoria Arnetoli, Marina Block, Anna Elisa Bandecchi, Giulia Maraviglia

175 "Errante". Un progetto condiviso per l'attivazione socio-culturale delle aree interne
"Errante": a collaborative project for the socio-cultural activation of Internal areas
Roberto Ruggiero, David Giacomelli, Matteo Giacomelli

187 Strumenti di supporto all'adattamento climatico in ambito urbano. Il caso di Napoli Ovest
Support Tools for Climate Adaptation in Urban Areas. The Case of Western Naples
Federica Dell'Acqua, Sara Verde, Federica Paragliola

198 Università ed enti territoriali in processi decisionali per comunità accessibili. Il caso di Udine
Universities and local authorities in decision-making processes for accessible communities. The case of Udine
Christina Conti, Alberto Cervesato

207 Progettare quartieri sani. Strumenti e reti per connettere università, comunità e istituzioni
Designing Healthy Neighbourhoods: Tools and Networks to Connect Universities, Communities, and Institutions
Nicoletta Setola, Alessandra Rinaldi

218 Disegnare processi complessi: accesso informativo e inclusione nell'*Urban Housing* Coop.net
Drawing complex processes: informative access and inclusion in Urban Housing Coop.net
Arianna Camellato, Maria De Santis

229 Percorsi di transizione energetica e ambientale per la rigenerazione del patrimonio immobiliare
Energy and environmental transition paths for the regeneration of real estate assets
Eugenio Arbizzani, Carola Clemente, Anna Mangiatordi, Francesco Sica, Francesco Tajani

241 Trasferimento tecnologico universitario nel campo della transizione digitale dei beni culturali
University technology transfer in the field of digital transition of cultural heritage
Emanuele Piaia, Roberto Di Giulio, Marco Medici

251 *Digital Twins* per il monitoraggio e la gestione del costruito: un approccio integrato
Digital Twins for Monitoring and Managing the Built Environment: An Integrated Approach
Spartaco Paris, Vincenzo Gattulli, Roberto Bianchi, Elisa Pennacchia, Cecilia Rinaldi, Marianna Crognale

260 Un modello per la coproduzione di conoscenze nei processi decisionali in ambito energetico
A model for the co-production of knowledge in energy-related decision-making processes
Paola Marrone, Paolo Civiero, Roberto D'Autilia, Valerio Palma

269 PROXIMA. Dalla costruzione all'innovazione del rapporto edificio utente
PROXIMA. From construction to innovation of the building-user relationship
Andrea Tartaglia, Joseph di Pasquale, Gianpaolo Saverio Cugola

279 Digitalizzazione dei processi autorizzativi: strategie europee e letteratura internazionale
Towards Digital Building Permits: a review of European strategies and relevant literature
Silvia Mastrolembo Ventura

288 Strategie digitali per la produzione sostenibile nella filiera delle costruzioni in legno: modelli informativi per l'ottimizzazione delle risorse
Digital strategies for sustainable production in the timber construction sector: informative models for resource optimisation
Roberto Cognoli, Michele Calvano

299 Trasferimento di conoscenze e co-produzione per l'adozione di soluzioni *Bio-based* nell'edilizia
Knowledge Transfer and Co-Production for the Adoption of Bio-Based Solutions in Construction
Fernanda Speciale, Hector Archila, Laura Elisabetta Malighetti

309 | Processi di manifattura additiva per sistemi di facciata a basso impatto ambientale
Additive manufacturing processes for low-environmental-impact façade systems
Rosa Romano, Elisa Mazzoni

DIALOGO *DIALOGUE* a cura di/*edited* by Antonella Violano

321 | Impresa e società per la trasformazione sostenibile dell'ambiente costruito. Un nuovo orizzonte epistemologico e operativo
Business and society for the sustainable transformation of the built environment. A new epistemological and operational horizon
Antonella Violano, Giovanni Lombardi

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

327 | La terza missione: da pietra angolare a pantano burocratico?
The Third Mission: From cornerstone to bureaucratic quagmire?
Ernesto Antonini

IL TRASFERIMENTO TECNOLOGICO COME CONNESSIONE FRA RICERCA, INNOVAZIONE E MERCATO

Mario Losasso, Presidente SITdA, https://orcid.org/0000-0003-3251-8747
Dipartimento di Architettura, Università degli Studi di Napoli Federico II, Italia
losasso@unina.it

Abstract. In uno scenario che inquadra secondo molteplici punti di vista il rapporto fra Tecnica e società, il trasferimento tecnologico si distingue per favorire, da un lato, la permeabilità fra settori e, dall'altro, per la capacità di adattare a un settore "di arrivo" vari sistemi provenienti da altri settori produttivi. A partire dal trasferimento di tecnologie e materiali di base di provenienza esterna a un dato settore, si sviluppano ulteriori innovazioni radicali. Processi produttivi e prodotti vengono significativamente trasformati rispetto a quelli di partenza in seguito ad azioni di perfezionamento, adeguamento e rielaborazione, attraverso le quali si perde in parte traccia della tecnologia nella sua "configurazione" originaria. La ricerca si misura oggi sui piani reali della sua applicabilità in contesti quali *problem solving*, prevenzione di rischi, formulazione di scenari. In contesti in cui scienza e tecnologia invertono o integrano i propri ruoli ed effetti, il futuro della ricerca e del trasferimento tecnologico si presenta incerto, in un mondo sempre più performativo in cui diventa importante il valore del pensiero critico e della misurabilità degli esiti della ricerca.

Parole chiave: Innovazione tecnologica; *Problem solving*; *Social-Ecological-Technological-Systems*.

I temi della tecnologia, delle sue ricadute e del suo trasferimento hanno implicazioni significative nella trasformazione degli scenari della società contemporanea proiettata verso una articolata saldatura di innovazioni convergenti nei *Social-Ecological-Technological-Systems* (SETs), sistemi complessi, adattivi, eterogenei e dinamici e, in linea con i princìpi della *learning ecology*, capaci di auto-organizzarsi, apprendere ed evolversi (Grimm *et al*., 2000). Si guarda ai processi in corso con una richiesta di *più tecnologia* – opportunamente declinata nelle componenti *hard* e *soft* – allo scopo di incidere sia sull'organizzazione dell'ambiente costruito, sia sul progetto e sulla produzione edilizia, sia sugli stili di vita e sui modelli interpretativi e di produzione di conoscenza (Losasso *et al*., 2024).
Tra i pensatori più autorevoli che hanno indagato le relazioni fra tecnica, economia e società va posto in risalto Martin Heidegger che richiama, già dagli anni '50 nel suo celebre saggio "La questione della Tecnica", alcuni elementi di critica della tecnica (Heidegger, 1953). Oggi la Tecnica non dischiude un orizzonte di senso poiché essa "funziona", ma al di là della funzionalità non c'è altro.
Nella crisi che attraversano le economie avanzate, l'innovazione tecnologica è chiamata in causa come uno dei possibili motori per la ripresa. Per innovare non basta agire sul mercato e sulla competitività, ma è necessario svolgere un'azione educativa, poiché non potrà esserci innovazione favorevole agli individui e all'ambiente se non vi sarà educazione al valore civile dell'architettura e all'ambiente.
Eduardo Vittoria rileva quanto l'innovazione apportata dalle tecniche produttive industriali abbia determinato un cambiamento, che è anche una devianza, rispetto alle condizioni di vita della società preindustriale, che ha mutato il nostro modo di pensare e giudicare: questa devianza tocca l'essenza stessa della tecnologia come sapere in sé (Vittoria, 1988).
In uno scenario che inquadra secondo molteplici punti di vista il rapporto fra Tecnica e società, il trasferimento tecnologico si distingue per favorire, da un lato, la permeabilità fra settori e, dall'altro, la capacità di adattare a un settore "di arrivo" vari sistemi provenienti da altri settori produttivi. A partire dal trasferimento di tecnologie e materiali di base di provenienza esterna a un dato settore, si sviluppano ulteriori innovazioni radicali. Processi produttivi e prodotti vengono significativamente trasformati rispetto a quelli di partenza in seguito a progressive azioni di perfezionamento, adeguamento e rielaborazione, attraverso le quali si perde in parte traccia della tecnologia nella sua "configurazione" originaria.

TECHNOLOGY TRANSFER, THE CONNECTION BETWEEN RESEARCH, INNOVATION AND MARKET

Abstract. In a scenario that frames the relationship between Technology and Society according to multiple points of view, technology transfer is distinguished by fostering permeability between sectors and the ability to adapt several systems from other productive areas to a "target" one. Further radical innovations are developed starting with the transfer of basic technologies and materials from outside sectors to a given one. Production processes and products are significantly transformed from their original asset through adaptation and reworking actions in which the trace of technology, in its original "configuration", is lost. Research today is measured on the real planes of its applicability in such contexts as problem solving, risk prevention, and scenario formulation. In contexts where science and technology either reverse or integrate their roles and effects, the future of research and technology transfer looks uncertain, in an increasingly performative world where the value of critical thinking and measurability of research outcomes becomes significant.

Keywords: Technological innovation; Problem solving; Social-Ecological-Technological-Systems.

The topic of technology, its spin-offs and transfer have significant implications in the transformation of the scenarios of contemporary society projected towards an articulated connection of innovations converging in Social-Ecological-Technological-Systems (SETs). They are complex, adaptive, heterogeneous and dynamic systems and, based on the principles of learning ecology, able to self-organise, learn and evolve (Grimm *et al*., 2000). One looks at the processes underway with a demand for more technology in order to affect both the organisation of the built environment, the design and production of buildings, and lifestyles and models of interpretation and knowledge production (Losasso *et al*., 2024).
Martin Heidegger should be mentioned among the most influential theorists who have investigated the relations between technique, economy and society. As early as the 1950s, in his famous essay "Die Frage nach der Technik", he recalls some elements of critique about technique (Heidegger, 1953). Today, Technique does not open up a horizon of meaning because it "works", but there is nothing else beyond functionality.
In the crisis that advanced economies are going through, technological innovation is called upon as one of the possible drivers for recovery. To innovate, it does not suffice to act on the mar-

ISSN online: 2239-0243 | © 2025 Author(s) | http://www.fupress.com/techne | DOI: 10.36253/techne-18301
Open access, peer-reviewed article published by Firenze University Press (https://www.fupress.com) and distributed, except where otherwise noted, under the terms of the CC BY 4.0 License for content and CC0 1.0 Universal for metadata

A partire da tale scenario, cade lo schematismo convenzionale della filiera univoca fra ricerca–innovazione–sviluppo, mentre in tempi di crisi i soggetti che trasferiscono tecnologie gestiscono innovazioni che sviluppano inizialmente azioni a bassa visibilità, testano il mercato, imparano qualcosa da esso, investono con maggiori margini di sicurezza.
Su un altro versante, nell'università le attività di Terza missione costituiscono un consolidato campo dell'attività di ricerca che affianca l'attività istituzionale: le ricadute della ricerca si sdoppiano nel trasferimento tecnologico e nel *public engagement*, riguardando la diffusione sui territori e nella società delle ricadute della ricerca.
La ricerca si misura oggi sui piani reali della sua applicabilità in contesti quali *problem solving*, prevenzione di rischi, formulazione di scenari. In contesti in cui scienza e tecnologia invertono o integrano i propri ruoli ed effetti, il futuro della ricerca e del trasferimento tecnologico si presenta incerto, in un mondo sempre più performativo in cui diventa importante il valore del pensiero critico e della misurabilità degli esiti della ricerca.

REFERENCES

Grimm, N., Grove, J.M., Pickett, S. and Redman, C., (2000), "Integrated Approach to Long-Term Studies of Ecological Urban Systems", BioScience, Vol. 50, n. 7.

Heidegger, M., *Die Frage nach der Technik* (1953), in *Vorträge und Aufsätze*, Neske, Pfullingen 1957, trad. it. "La questione della tecnica", (1976), in Heidegger, M., *Saggi e discorsi*, Mursia, Milano.

Losasso, M., Attaianese, E., Rigillo, M., (Eds), (2024), *Innovazioni convergenti per lo spazio abitabile*, CLEAN, Napoli.

Vittoria, E. (1988), "Le tecnologie devianti dell'Architettura", in: Fabbri, M. e Pastore, D., (Eds), *Architetture per il terzo millennio. Una seconda rivoluzione urbana,* Fondazione Adriano Olivetti, Roma.

ket and competitiveness. It is, instead, necessary to carry out an educational action, as there can be no innovation to individuals and the environment if there is no education on the civil value of architecture and the environment.
Eduardo Vittoria notes how the innovation brought about by industrial production techniques has led to a change, which is also a deviation from the living conditions of pre-industrial society, that has changed our way of thinking and giving values. This "deviation" touches the very essence of technology as knowledge in itself (Vittoria, 1988).
In a scenario of relationship between technology and society, technology transfer is distinguished by the fact that it favours permeability between sectors, and has the ability to adapt various systems from other productive sectors to a "target" sector. Further radical innovations are developed starting with the transfer of technologies and basic materials from outside a given sector. Production processes and products are significantly transformed compared to the original asset as a result of progressive adaptation and reworking through which the trace of the technology in its "configuration" is lost.
The conventional pattern of the one-way chain of research-innovation-development falls away in this scenario, while in times of crisis, technology transfer actors manage innovations that initially develop low-visibility actions, test the market, learn something from it, and invest with greater safety margins.
On another front, Third Mission activities constitute a consolidated field of research activity alongside institutional activity. Indeed, research spin-offs are split into technology transfer and public engagement concerning the dissemination of research spin-offs in territories and society.
Research today is measured on the real planes of its applicability in contexts such as problem solving, risk prevention, and scenario formulation. In contexts where science and technology reverse or integrate their roles and effects, the future of research and technology transfer is uncertain in an increasingly performative world where the value of critical thinking and the measurability of research outcomes become even more important.

RICERCA E PROGETTO. TRASFERIMENTO DI CONOSCENZE

Elena Mussinelli, https://orcid.org/0000-0002-4521-522X elena.mussinelli@polimi.it
Dipartimento di Architettura, Ingegneria delle Costruzioni e Ambiente Costruito, Politecnico di Milano, Italia

"Ricerca e progetto. Trasferimento di conoscenze" è il titolo di un numero monografico di TECHNE pubblicato nel 2014, più di dieci anni fa quindi, sotto la direzione di Roberto Palumbo, *Editor in Chief* Maria Chiara Torricelli. Con la finalità di restituire «un quadro dell'impegno della ricerca nelle Tecnologie dell'Architettura per promuovere ricadute concrete nei contesti in cui opera, nei riguardi dei diversi operatori e soggetti coinvolti nel processo di trasformazione del territorio» (Torricelli, 2014).

Una intuizione anticipatrice per il mondo dell'architettura, considerando che l'interesse per il trasferimento tecnologico nelle università italiane era emerso in modo significativo solo agli inizi degli anni 2000 e soprattutto in ambito industriale, con l'affermarsi della cosiddetta "terza missione" degli atenei, in uno scenario di crescente enfasi sull'innovazione e sulla competitività del sistema Paese, sull'esempio di casi internazionali di successo. Anche con politiche e finanziamenti nazionali e regionali per incentivare queste attività, e la nascita di strutture – gli Uffici di Trasferimento Tecnologico (UTT) – dedicate a supportare il trasferimento di conoscenze e tecnologie dalle università verso il mondo delle imprese attraverso attività quali la gestione della proprietà intellettuale (brevetti) e la creazione di *spin-off*.

Se è vero che la collaborazione con gli operatori della produzione edilizia e con le istituzioni ha connotato l'area della Tecnologia dell'architettura sin dalle sue origini, non si può non rilevare che il mondo dell'architettura e delle costruzioni non è tipicamente soggetto attivo, quanto piuttosto destinatario di trasferimento tecnologico (più che "generare" innovazione riceve e adatta innovazioni prodotte in altri settori).

Alla scala della produzione del progetto, ad esempio, l'adozione di "tecnologie invisibili" maturate nell'area economico-gestionale ha indotto l'aggiornamento e la razionalizzazione del processo progettuale (sistemi qualità, strumenti di verifica e validazione, certificazioni, ecc.); analogamente, nel campo dell'innovazione dei processi produttivi, l'avvento della digitalizzazione e le Tecnologie dell'Informazione e della Comunicazione (ICT) hanno trasferito dall'ambito aerospaziale e manifatturiero strumenti quali il *Building Information Modeling* (BIM) per migliorare la progettazione e la gestione del ciclo di vita degli edifici, favorendo la collaborazione tra i diversi attori coinvolti. Sensori e dispositivi IoT (*Internet of Things*), ampiamente utilizzati in altri settori per il monitoraggio e la raccolta dati, vengono impiegati per la gestione intelligente dell'energia, della sicurezza e del comfort a scala urbana ed edilizia, mentre l'a*dditive manufacturing*, originariamente utilizzato nell'industria per la prototipazione rapida, sta trovando applicazioni crescenti nell'edilizia per la realizzazione di componenti costruttivi personalizzati, prototipi architettonici e interi edifici. Tecnologie robotiche e di automazione sviluppate dall'industria manifatturiera sono state adattate per eseguire compiti ripetitivi e pericolosi nei cantieri edili, migliorandone la sicurezza. E anche la realtà aumentata, inizialmente impiegata per l'intrattenimento e la formazione, è ormai utilizzata nell'architettura e nelle costruzioni per la visualizzazione immersiva dei progetti, la formazione del personale e la supervisione dei lavori in cantiere.

Dalla ricerca di frontiera tra le scienze naturali e le ingegnerie – dalla microbiologia alla chimica, dalla bioingegneria all'agroecologia – provengono ancora, sempre a titolo di esempio, innovazioni sia di metodo (progettazione biofilica, soluzioni basate

RESEARCH AND DESIGN. KNOWLEDGE TRANSFER

"Research and project knowledge transfer" is the title of a monographic issue of TECHNE, published in 2014, over a decade ago, under the direction of Roberto Palumbo and Editor-in-Chief Maria Chiara Torricelli. The issue aimed to provide «an idea on the researches carried out inside Architectural Technology; this in order to promote concrete recurrences in the contexts in which it operates, aiming towards the different operators and subjects involved in the transformation process of the territory» (Torricelli, 2014).

This was a forward-looking intuition for the architectural field, especially considering that in Italy, significant interest in technology transfer within universities only began to emerge in the early 2000s, predominantly in the industrial sector, driven by the rise of the so-called "third mission" of universities. This shift occurred in a broader context of increasing emphasis on innovation and national competitiveness, inspired by successful international models. National and regional policies and funding mechanisms were introduced to encourage these activities, alongside the establishment of Technology Transfer Offices (TTOs), tasked with supporting the transfer of knowledge and technologies from academia to industry through initiatives such as intellectual property management (patents) and the creation of spin-offs.

Although collaboration with building industry stakeholders and public institutions has long characterised the field of Architectural Technology, it is important to acknowledge that the architecture and construction sector is not typically an active generator of technological innovation but rather a recipient of innovations developed in other domains.

At the design production scale, for instance, the adoption of "invisible technologies" originating in economic and managerial domains has led to the rationalisation and modernisation of the design process (e.g., quality systems, validation tools, certification protocols). Likewise, in the domain of production process innovation, digitalisation and Information and Communication Technologies (ICT) have introduced tools such as Building Information Modelling (BIM) – originally from aerospace and manufacturing sectors – to enhance design quality and life cycle management, promoting interdisciplinary collaboration. Sensors and IoT (Internet of Things) devices, widely used in other sectors for monitoring and data collection, have been employed in buildings and urban

ISSN online: 2239-0243 | © 2025 Author(s) | http://www.fupress.com/techne | DOI: 10.36253/techne-18302
Open access, peer-reviewed article published by Firenze University Press (https://www.fupress.com) and distributed, except where otherwise noted, under the terms of the CC BY 4.0 License for content and CC0 1.0 Universal for metadata

sulla natura, ecc.), sia di prodotto (biomateriali, materiali e prodotti catalitici, termo/foto-cromici, fotovoltaici, ecc.).
Più limitati sono invece i casi di innovazioni trasferite dal mondo delle costruzioni ad altri settori, con una decisa prevalenza di avanzamenti originatisi dalla ricerca industriale più che da quella universitaria (ad esempio nel caso dei materiali leggeri e resistenti, come i compositi fibrorinforzati, impiegati nei settori dell'aerospaziale e dell'*automotive* per ridurre il peso dei veicoli e migliorare l'efficienza, o dei materiali isolanti ad alte prestazioni – aerogel e schiume – sviluppati per l'edilizia sostenibile applicati per l'abbigliamento tecnico).
In generale, occorre rilevare il permanere di fattori di arretratezza del settore delle costruzioni italiano: per l'elevata frammentazione, con la prevalenza di piccole e medie imprese (PMI), per la scarsità di risorse e una limitata propensione sia all'investimento in ricerca e sviluppo, sia all'adozione di tecnologie e standard innovativi, con una ancora scarsa consapevolezza circa i benefici da questi derivanti. Condizione favorita da crisi economiche cicliche e da politiche di incentivazione anche consistenti (almeno negli ultimi anni), ma fluttuanti e discontinue.
Le tecnologie digitali stentano ancora a penetrare diffusamente nei processi produttivi: secondo i dati Istat 2023, le PMI che operano nelle costruzioni mostrano un'adozione di tecnologie digitali al di sotto della media delle PMI italiane (il 67,2% possiede un sito web, contro una media del 74,2% il 36,1% utilizza un software aziendale evoluto, contro una media del 48,7% e solo il 13,8% analizza dati aziendali, contro una media del 24,9%). Pur essendo in crescita l'adozione di strumenti BIM, anche per l'impatto di appositi provvedimenti normativi nel campo delle opere pubbliche, permane una importante carenza di manodopera qualificata (la Global Housebuilders' Survey del 2024 stima la necessità di quasi 3 milioni di unità di personale mancanti, evidenziando come, nell'UE, un lavoratore edile su 10 sia ancora privo di sufficienti competenze digitali).
Si registra quindi una ancora limitata capacità del settore ad assorbire e implementare efficacemente l'innovazione proveniente da altri comparti produttivi o sviluppate nel mondo della ricerca. Poche sono ancora le collaborazioni con centri di ricerca e *start-up* innovative, frenate anche dalla complessità delle procedure burocratiche e forse anche da una certa sfiducia circa la possibilità di trarre benefici significativi dall'introduzione di nuove tecnologie o materiali che non rientrano in standard consolidati, e per ciò di più difficile adozione su larga scala, preferendo soluzioni consolidate e con un *track record* più lungo.
D'altra parte, l'arretratezza del settore deriva essa stessa da un trasferimento tecnologico insufficiente, che non è adeguatamente alimentato dall'interazione con altri settori tecnologicamente avanzati, né dalla ricerca accademica, che spesso fatica a trovare e a comunicare efficacemente le applicazioni pratiche dei propri avanzamenti. Una sorta di circolo vizioso, quindi, nel quale le criticità strutturali del settore delle costruzioni ostacolano il trasferimento tecnologico, mentre, a sua volta, la limitata attitudine all'innovazione contribuisce a mantenere il settore in una condizione di relativa arretratezza in termini di produttività, efficienza e competitività.
Per superare queste sfide, è necessario un impegno congiunto da parte delle imprese, delle istituzioni e del mondo della ricerca per promuovere la digitalizzazione, investire in formazione e innovazione, semplificare la burocrazia e favorire la collaborazione e l'apertura verso nuove tecnologie.

settings to optimise energy use, safety, and comfort. Additive manufacturing, initially developed for rapid prototyping in industry, is now being applied in construction for the fabrication of customised building components, architectural prototypes, and even entire structures. Robotics and automation technologies from manufacturing have been adapted to perform repetitive and hazardous tasks on construction sites, improving safety. Even augmented reality – once used primarily for entertainment and training – is now leveraged for immersive project visualisation, staff training, and construction site supervision.
Frontier research between the natural sciences and engineering disciplines – from microbiology to chemistry, bioengineering to agroecology – has also contributed both methodological innovations (e.g., biophilic design, nature-based solutions) and product innovations (e.g., biomaterials, catalytic, thermochromic, photochromic, and photovoltaic materials).
By contrast, there are fewer examples of innovations transferred from the construction industry to other sectors, and those that do exist typically stem from industrial rather than academic research. Notable exceptions include the development of lightweight, high strength materials such as fibre-reinforced composites – used in aerospace and automotive industries to reduce vehicle weight and improve efficiency – or high performance insulation materials like aerogels and foams, initially developed for sustainable building but later adopted for technical apparel.
Overall, the Italian construction sector continues to exhibit structural backwardness due to factors such as high fragmentation (dominated by small and medium-sized enterprises), limited financial resources, and a low inclination toward R&D investment and adoption of innovative technologies and standards. Awareness of the potential benefits remains limited, a condition exacerbated by recurring economic crises and inconsistent incentive policies, which – despite being substantial in recent years – have lacked continuity.
Digital technologies are still struggling to penetrate construction processes. According to 2023 ISTAT data, SMEs in the construction sector lag behind the average Italian SME in digital adoption (67.2% have a website, compared to the 74.2% average; 36.1% use advanced business software vs. 48.7%; and only 13.8% engage in data analytics, compared to 24.9%). Although BIM adoption is growing – partly due to regulations on public works – there remains a significant shortage of skilled labour. The Global Housebuilders' Survey 2024 estimates a shortfall of nearly 3 million workers across the EU, noting that one in ten construction workers still lacks basic digital skills.
Thus, the sector still demonstrates a limited capacity to absorb and implement innovations originating from other industries or the research domain. Collaborations with research centres and innovative start-ups remain rare, hindered by bureaucratic complexity and perhaps also by scepticism toward new technologies or materials that lack an established track record, making them difficult to scale. As a result, established solutions with proven reliability are often preferred.
This structural lag is both a cause and a consequence of insufficient technology transfer. It is neither adequately

Ma guardando in particolare al contributo degli studi e della ricerca scientifica nell'area dell'architettura e del progetto, cosa è cambiato in quest'ultimo decennio?
Permangono le peculiarità già evidenziate da Maria Chiara Torricelli (Torricelli, 2014) con forme e modalità di trasferimento legate alla natura intrinseca delle discipline del progetto, dove l'innovazione è il risultato di un'interazione complessa e multidisciplinare che coinvolge diverse aree del sapere, ma dai contributi raccolti in questo numero di TECHNE emergono anche dinamiche evolutive interessanti.
Un primo fronte concerne l'imprenditorialità accademica, certamente cresciuta, con una buona rappresentanza di brevetti, *start-up*, *innovation center* e incubatori che operano sui temi della resilienza climatica e ambientale in ambito urbano; ad esempio con diversi *spin-off* accademici che hanno sviluppato modelli di *governance*, applicazioni digitali avanzate e sistemi automatizzati per il monitoraggio e la gestione di edifici e patrimoni immobiliari, per il miglioramento delle performance strutturali ed energetiche dell'ambiente costruito, e per la valorizzazione e l'accessibilità ai siti del patrimonio culturale. Realtà rivolte quindi soprattutto alle istituzioni pubbliche, ma aperte a e partecipate da soggetti privati che operano in tali settori. Anche con significative collaborazioni tra università, enti di ricerca e soggetti non accademici, quali istituzioni locali e nazionali, grandi e piccole aziende e loro associazioni, con l'obiettivo di creare nuove e più integrate filiere – veri e propri "ecosistemi di innovazione" – tra diversi attori economici e istituzionali (secondo il modello emergente della "quintupla elica").
Un secondo ambito riguarda iniziative di cooperazione tra università e industria nella ricerca e nella sperimentazione, formalizzate attraverso accordi di collaborazione scientifica e convenzioni, con esiti rilevanti in termini di innovazione negli strumenti di supporto decisionale e dei modelli informativi per l'ottimizzazione delle risorse, e con brevetti e prototipi realizzati, e la correlata generazione di *spin-off* accreditati: esperienze promosse e attuate da ricercatori universitari che si sono attivati per coinvolgere diversi partner offrendo loro attendibili scenari di fattibilità e concrete opportunità di applicazione e innovazione dei loro prodotti, ricevendo di contro dalle imprese un supporto altrettanto competente e concreto, indispensabile per l'attuazione del progetto.
Emerge poi la rilevanza della missione sociale dell'università nel contesto di progetti di *public engagement*, per trasferimento e la coproduzione di conoscenze utili per la valorizzazione dell'ambiente costruito. Il rapporto tra atenei e società civile appare infatti consolidato e particolarmente ricco di prospettive, per le concrete ricadute nei territori in termini di impatto socioeconomico, ambientale e culturale. Una "quarta missione" dell'università che si gioca ancora una volta dentro al modello della quintupla elica, per una "*governance* dell'innovazione sociale" che la vede cooperare con le amministrazioni pubbliche – in primis gli enti locali e territoriali –, le imprese e i soggetti privati che esprimono un chiaro impegno di responsabilità sociale, le istituzioni della conoscenza e la società civile in forma più o meno organizzata (terzo settore e "pubblico non organizzato") (Carol Rose, 1986).
Se la forte spinta all'internazionalizzazione della ricerca e della produzione pubblicistica che ha caratterizzato gli ultimi decenni tende ad accentuare – e a premiare in termini di valutazione – apporti e approfondimenti di tipo specialistico (anche con ricadute non sempre positive), è nel rapporto con i territori di appartenenza che si possono cogliere opportunità di ricerca

fuelled by interaction with technologically advanced sectors, nor effectively supported by academic research, which often struggles to translate and communicate its findings into practical applications. This creates a vicious cycle in which the sector's structural deficiencies inhibit innovation, while limited innovation capacity reinforces its relative stagnation in terms of productivity, efficiency, and competitiveness.
Overcoming these challenges requires coordinated action by businesses, public institutions, and the academic sector to promote digitalisation, invest in training and innovation, streamline bureaucracy, and foster openness to new technologies.
Focusing more specifically on the contribution of academic research in architecture and design: what has changed over the past decade?
The peculiarities identified by Maria Chiara Torricelli (Torricelli, 2014) still remain – particularly the inherently disciplinary-specific modalities of knowledge transfer, where innovation results from complex and multidisciplinary interactions – but the contributions collected in this issue of TECHNE also reveal some significant evolutions.
One concerns academic entrepreneurship, which has notably expanded, with an increasing presence of patents, start-ups, innovation centres, and incubators operating on themes such as urban climate and environmental resilience. These include academic spin-offs developing governance models, advanced digital applications, and automated systems for monitoring and managing buildings and real estate assets, aimed at improving structural and energy performance, as well as enhancing the accessibility and value enhancement of cultural heritage sites. These initiatives primarily target public institutions but are open to, and often include, the participation of private actors operating in these sectors. They also involve significant collaborations between universities, research institutions, and non-academic stakeholders (including local and national administrations, companies of various sizes, and business associations) with the goal of forming integrated value chains – true "innovation ecosystems" – among diverse economic and institutional actors, according to the emerging "quintuple helix" model.
A second area involves university-industry cooperation in research and experimentation, often formalised through scientific collaboration agreements, leading to significant innovations in decision-support tools and information models for resource optimisation, as well as the development of patents, prototypes, and accredited spin-offs. These experiences are led by university researchers who proactively engage partners by offering credible feasibility scenarios and tangible opportunities for product innovation. In return, they receive practical and expert support from companies – crucial for project implementation.
Another significant trend is the increasing relevance of the university's social mission, particularly through public engagement projects aimed at transferring and co-producing knowledge to enhance the built environment. The relationship between academia and civil society appears increasingly consolidated and promising in terms of socio-economic, environmental, and cultural impact. This "fourth mission" of the university is also framed within

e sperimentazione particolarmente in linea con la vocazione dell'istituzione universitaria, quale soggetto impegnato nel promuove e supportare visioni di sviluppo locale anche critiche, scientificamente avanzate e culturalmente attrezzate.
Metodi, processi e strumenti di *co-governance*, condivisone della conoscenza, *co-design*, *co-testing* e *co-management* sono alla base di un ampio panel di esperienze che innovano i processi progettuali, decisionali e valutativi favorendo ampie collaborazioni con soggetti non accademici (enti e istituzioni pubbliche, agenzie, professionisti, imprenditori, *policymakers*, associazioni, ecc.) e una più robusta e competente partecipazione delle comunità locali: per costruire ecosistemi collaborativi (non a caso si parla spesso di co-città e co-territori), anche variabili nel tempo e nel loro assetto geografico, in funzione del modificarsi dei bisogni collettivi. E i temi al centro di queste progettualità riguardano le principali sfide dell'oggi e del domani: la transizione ecologica delle città e dei territori, la rigenerazione delle aree interne e/o fragili, la riattivazione dei patrimoni pubblici, la rigenerazione degli spazi collettivi, l'accessibilità ai servizi urbani e la mobilità sostenibile, la mitigazione e l'adattamento ai cambiamenti climatici, la gestione dei rischi ambientali di origine naturale e antropica, la tutela della biodiversità e degli ecosistemi, il rapporto tra qualità ambientale e salute, le soluzioni *bio-based* per l'edilizia… Con iniziative regolate da accordi interistituzionali e/o partenariati estesi che agiscono frequentemente attraverso la realizzazione di *living lab*, *workshop* e piattaforme per l'innovazione eco-sociale, e che appaiono per molti versi dare risposta alla mancata attuazione istituzionale di un vero decentramento amministrativo e decisionale, esplorando di fatto nuovi modelli di democrazia deliberativa.
Infine, ma non da ultimo proprio in questa prospettiva, in quasi tutti i contributi ricorre il tema della formazione, nelle sue varie forme: dalla sensibilizzazione e capacitazione delle comunità coinvolte, all'innovazione dei metodi e dei contenuti nella didattica del progetto, sino all'aggiornamento continuo e alla preparazione di figure professionali del tutto nuove, capaci di muoversi nelle articolate intersezioni disciplinari che sempre più connotano l'attività progettuale.

REFERENCES

Rose, C. (1986), "The Comedy of the Commons: Custom, Commerce, and Inherently Public Property", in: University of Chicago Law Review, Vol. 53: n. 3. Available at: https://chicagounbound.uchicago.edu/uclrev/vol53/iss3/1.

Torricelli, M.C. (2014), "Ricerca e progetto: problematiche ed esperienze in atto dell'area tecnologica italiana, *TECHNE – Journal of Technology for Architecture and Environment*, Vol. 8, pp. 6-7. Available at: https://oaj.fupress.net/index.php/techne/issue/view/349/30.

Iaione, C. and De Nictolis E. (2016), *La quintupla elica come approccio alla governance dell'innovazione sociale I luoghi dell'innovazione aperta*, in: Montanari F. and Mizzau L. (Eds), "Modelli di sviluppo territoriale e inclusione sociale", Quaderni Fondazione G. Brodolini, Studi e Ricerche, pp. 75-89.

Karrer, F. (2022). "Buildings, city and territory between real complexity and decision-making reductivism", *TECHNE – Journal of Technology for Architecture and Environment*, Vol. 23, pp. 21-25. Available at: https://doi.org/10.36253/techne-12916.

PlanRadar (2024). Global Housebuilders' Survey 2024. Indagine globale sull'edilizia residenziale. Approfondimenti, aspettative, sfide e soluzioni del settore da parte di 669 costruttori di case in 17 Paesi. Available at: https://www.planradar.com/it/ebooks/indagine-globale-edilizia-residenziale/.

the quintuple helix model, aiming at a "governance of social innovation" that includes collaboration with public administrations – especially local and regional authorities – private actors with a demonstrated commitment to social responsibility, knowledge institutions, and organised or informal civil society (third sector and "unorganised public") (Carol Rose, 1986).
While the recent push toward the internationalisation of research and academic publishing has both emphasised and rewarded specialist contributions (not always with positive consequences), it is often through engagement with local territories that research and experimentation find opportunities most aligned with the university's mission of supporting and advancing scientifically grounded and culturally informed visions of local development. Methods, processes, and tools of co-governance, knowledge sharing, co-design, co-testing, and co-management underpin a broad spectrum of experiences that innovate design, decision-making, and evaluation processes. These foster wide collaboration with non-academic actors (public agencies, professionals, entrepreneurs, policymakers, associations, etc.), and the informed and active participation of local communities. The aim is to build collaborative ecosystems – often referred to as co-cities and co-territories – which evolve over time and space in response to changing collective needs. The topics at the core of these initiatives reflect today's and tomorrow's key challenges, namely ecological transition of cities and territories, regeneration of fragile or inner areas, reactivation of public assets, revitalisation of collective spaces, accessibility to urban services and sustainable mobility, climate change mitigation and adaptation, management of environmental risks (both natural and anthropogenic), biodiversity and ecosystem protection, environmental quality and health, and bio-based solutions for construction. These initiatives are often governed by inter-institutional agreements and broad partnerships operating through living labs, workshops, and eco-social innovation platforms, which in many respects compensate for the institutional failure to implement genuine administrative and decision-making decentralisation – thus exploring new models of deliberative democracy.
Finally, and significantly within this perspective, nearly all the contributions emphasise the central role of education in its various forms, from awareness-raising and capacity-building within communities to the innovation of teaching methods and content in design education, and continuous professional development. This includes the training of entirely new professional profiles capable of operating within the increasingly complex and interdisciplinary environments that characterise contemporary design practice.

TRASFERIMENTO TECNOLOGICO E NUOVE SFIDE PER LA RICERCA TECNOLOGICA-AMBIENTALE DELL'ARCHITETTURA

Filippo Angelucci[1], https://orcid.org/0000-0002-2042-7808 filippo.angelucci@unich.it
Maria Teresa Lucarelli[2], https://orcid.org/0000-0002-6695-9279 mtlucarelli@unirc.it
[1]Università degli Studi "G. d'Annunzio" Chieti – Pescara, Italia
[2]Dipartimento di Architettura e Design, Università degli Studi Mediterranea di Reggio Calabria, Italia

Abstract. Le tecnologie di comunicazione di massa e la digitalizzazione dei processi stanno producendo un indebolimento di entità, strumenti e pratiche che appartengono ai cosiddetti corpi intermedi che operano nel campo del sociale, della diffusione di conoscenze e del Terzo Settore. In questo quadro, anche le università sembrano perdere ruolo quando si confrontano con le sfide del trasferimento degli esiti della ricerca, cercando di interagire con le dinamiche socioeconomiche e le esigenze produttive del territorio. Ne emerge un cambio di paradigma, al tempo stesso culturale e valoriale dell'idea di università, in cui occorre agire senza disgiungere il trinomio ricerca, Trasferimento Tecnologico, Terza Missione, riposizionando le istituzioni universitarie come agenti di mediazione al servizio della società e del bene comune.

Parole chiave: *Knowledge-based Economy*; *Engagement*; Terzo Settore.

Introduzione

La visione tradizionale lineare che inquadrava le università come dispensatrici di conoscenze e saperi attraverso processi *top down*, ha visto affiancare alla ricerca nuove modalità di interazione basate sull'attivazione di network con diversi attori e istituzioni pubbliche e private. A più di venti anni dalla ratifica dei nuovi obiettivi strategici della Comunità Europea (CE, 2000) per avviare uno spazio europeo della ricerca e dell'innovazione basato sull'economia della conoscenza (*knowledge based economy*), il ruolo delle istituzioni universitarie rispetto alle dinamiche socioeconomico-culturali può dirsi definitivamente mutato.

Il cambiamento di ruoli e mission delle università è stato in parte generato dai progressivi fenomeni di indebolimento dei cosiddetti "corpi intermedi". Tra le categorie di corpi intermedi si collocano entità legate all'associazionismo, gli ordini professionali, le istituzioni e i soggetti del Terzo Settore che operano nel campo del sociale. Tra esse, è però possibile includere anche le società scientifiche o le fondazioni dedite alla cultura e alla diffusione delle conoscenze.

In questa situazione completamente nuova, emerge la centralità delle attività di Trasferimento Tecnologico, rispetto alle quali si giocheranno le future sfide dell'università con i dipartimenti, laboratori e centri di studio attivi nei settori della formazione, della ricerca e della Terza missione.

Università, Trasferimento Tecnologico e mutazioni dei corpi intermedi

Una condizione nuova dell'agire dei singoli individui nella società contemporanea può essere riassunta attraverso la definizione data da Riccardo Floridi dello status perennemente "onlife" di persone e istituzioni (Floridi, 2017). È la stessa condizione descritta più provocatoriamente da Alessandro Baricco nel suo *The Game,* in cui si inquadra l'ormai spasmodica ricerca per eliminare tutte le forme di intermediazione attraverso la digitalizzazione e gameficazione dell'esistenza umana (Baricco, 2018). Per diverse e concomitanti condizioni, diverse famiglie di soggetti pubblici e privati sono entrate in crisi con il progressivo avanzare delle innovazioni digitali e la diffusione dei social network. Le transizioni avviate e tuttora in atto con i processi di digitalizzazione, virtualizzazione e lavoro "smart" a distanza hanno velocemente alimentato il fenomeno della "disintermediazione", promuovendo l'illusione di poter agire da soli ad ogni livello, annullando tutte le forme di interconnessione o di

TECHNOLOGY TRANSFER AND NEW CHALLENGES FOR TECHNOLOGICAL-ENVIRONMENTAL RESEARCH IN ARCHITECTURE

Abstract. Mass communication technologies and the digitalisation of processes are weakening entities, tools, and practices belonging to the so-called "intermediate bodies" working in the social sector, the Third Sector, and knowledge dissemination activities. In this framework, even universities are losing their role when confronted with the challenges of transferring research results, trying to interact with the socio-economic dynamics and production needs of the territory. What emerges is a paradigm shift, both cultural and concerning the values of the idea of the university, where it is necessary to act without disassociating the trinomial of research, Technology Transfer and Third Mission, repositioning university institutions as mediating agents at the service of society and the common good.

Keywords: Knowledge-based Economy; Engagement; Third Sector.

Introduction

The traditional linear vision that framed universities as dispensers of knowledge through top-down processes has seen, alongside research, new interaction modes based on the activation of networks with various public and private actors and institutions. More than twenty years after the ratification of the European Community strategic goals (EC, 2000) to launch a European space for research and innovation centred on knowledge-based economy, the university's role with respect to socio-economic-cultural dynamics has changed.

The change in the roles and missions of universities was partly determined by the progressive weakening of the so-called "intermediate bodies". These include entities linked to associations, professional chambers, and Third Sector entities working in the social field. However, they can also encompass scientific societies or foundations dedicated to culture and the dissemination of knowledge.

The centrality of Technology Transfer activities emerges in this totally new situation. The future challenges of universities will be played out with departments, laboratories, and study centres operating in the fields of education, research, and the Third Mission.

Universities, Technology Transfer and Changes in Intermediate Bodies

In contemporary society, a new condition of the individuals' actions can be summarised through Riccardo Floridi's definition of the continuous "onlife" status of people and institutions (Floridi, 2017). The same condition is also provocatively described by Alessandro Baricco in his *The Game*, which frames the spasmodic quest

ISSN online: 2239-0243 | © 2025 Author(s) | http://www.fupress.com/techne | DOI: 10.36253/techne-18303
Open access, peer-reviewed article published by Firenze University Press (https://www.fupress.com) and distributed, except where otherwise noted, under the terms of the CC BY 4.0 License for content and CC0 1.0 Universal for metadata

operatività nello spazio fisico senza la necessità di entità intermedie (Bassanini *et al*., 2021).
In tale contesto tecnologico, culturale e sociale, il nuovo quadro operativo configuratosi per le università è riconducibile al cosiddetto modello della "tripla elica" (stato, imprese, università) oggi sempre più orientato verso modelli nei quali la community assume un ruolo determinante. Lo scenario che si è delineato vede l'istituzione universitaria come uno dei principali player dell'innovazione a livello nazionale e internazionale. Alle comunità scientifiche che operano nelle attività di ricerca e formazione si chiede di prendere parte attiva nel trasferimento di tecnologie e conoscenze per rispondere alle mutevoli esigenze ambientali, culturali ed economiche che connotano le società in cui le università sono inserite (Frondizi, 2020). Nel contesto italiano, anche il PNRR, attraverso la Missione 4 "Istruzione e Ricerca", si è mosso e auspica questo progressivo impegno delle istituzioni universitarie come motori del cambiamento per l'evoluzione del sistema economico del Paese.
Le università sono quindi chiamate ad affrontare nuove sfide sociali, economiche e culturali come corpi intermedi. In questa sfida si celano alcuni elementi di profonda innovazione strutturale dell'idea di ricerca scientifica e dell'istituzione universitaria che può operare come attore di mediazione anche nel mercato dello sviluppo, del trasferimento e della diffusione delle innovazioni tecnologiche. Come è stato evidenziato dagli autori coinvolti nel dossier di questo TECHNE 30, il tema del Trasferimento Tecnologico, nel suo svolgersi dentro e attraverso le università, sottende almeno tre incognite da tenere sotto controllo. La prima, precisata da Andrea Pitasi, riguarda la necessità di distinguere il *public engagement* – che opera per ridurre le "ignoranze sterili" – e il trasferimento tecnologico; ambito, quest'ultimo, in cui l'università può fare da collegamento in contesti culturalmente fertili e aperti all'innovazione. La seconda incognita, puntualizzata da Roberto Vona, Nadia Di Paola e Silvia Cosimato, concerne l'ineludibilità di adottare processi di coopetizione, co-evoluzione e co-specializzazione in cui le università possano mediare innovazioni di diversa natura in una visione ecosistemica. La terza incognita, rilevata da Antonio Cianciulli, Guido Cianciulli e Massimo Lauria, coinvolge gli attori esterni che operano nel mercato, in particolare nel settore delle costruzioni, e l'indispensabile ruolo dell'università nella costruzione di metriche dialogiche per allineare definizioni, concetti, strumenti e linguaggi dei processi di innovazione.
Nell'alternanza di convergenze e divergenze fra Trasferimento Tecnologico e Terza Missione si chiede quindi all'università di operare in una zona "fluida" che, coinvolgendo anche enti no-profit, può in realtà diventare area generativa di azioni profit, se si incorpora in questo termine non solo la capacità di produrre valori di mercato, ma anche le abilità di indurre sensibili innalzamenti di valore culturale, sociale, paesaggistico e politico attraverso il trasferimento della ricerca sul territorio, in una circolarità fra pensiero e processi inventivi (Schiaffonati, 2006). Il riposizionamento delle università come corpi intermedi permetterà di operare sia su "attività che conducono alla valorizzazione commerciale della ricerca scientifica attraverso i brevetti, la creazione di imprese accademiche (*spin-off*), la ricerca svolta in collaborazione con le imprese o su commissione di aziende esterne" (Perulli *et al*., 2019) sia, al contempo, andando anche oltre il *public engagement* in spazi condivisi fra azioni pubblico-private convergenti verso i beni comuni.

to drop all forms of intermediation through the digitalisation and gamification of human existence (Baricco, 2018).
Due to various and simultaneous conditions, several kinds of public and private actors have come into crisis as digital innovations and the spread of social networks have progressed. The transitions started and still underway with the processes of digitalisation, virtualisation and remote working solutions have rapidly fuelled the phenomenon of "disintermediation", promoting the illusion of being able to act alone at every level, nullifying all forms of interconnection or operation in physical space without the need for intermediate entities (Bassanini *et al.,* 2021).
In this technological, cultural, and social context, the new operating framework for universities can be synthesised with the so-called "triple helix" model (state, business, university), which is today increasingly oriented towards models in which the community plays a decisive role. Hence, the emerging scenario sees universities as a major player in innovation, at national and international level. Scientific communities involved in research and education are involved to take an active part in technology and knowledge transfer to meet the changing environmental, cultural, and economic needs characterising the societies in which universities are embedded (Frondizi, 2020). In the Italian context, the PNRR (*Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza*) through its *Mission 4 – Education and Research*, also calls for a progressive engagement of universities as engines of change for the country's economic system evolution.
Hence, universities are called upon to face new social, economic, and cultural challenges as intermediary bodies. Concealed in this challenge are elements of deep structural innovation in the idea of scientific research and the university institution, which can also function as a mediating actor in the market for the development, transfer, and dissemination of technological innovations. As specified by the authors involved in this dossier, the issue of Technology Transfer, as it unfolds in and through universities, subtends at least three uncertainties to be kept under control.
The first, clarified by Andrea Pitasi, concerns the need to distinguish between public engagement – which works to reduce "sterile ignorance" – and technology transfer, the latter being an area in which the university can function as a link in culturally fertile contexts open to innovation. The second uncertainty, pointed out by Roberto Vona, Nadia Di Paola and Silvia Cosimato, concerns the inescapability of adopting co-petition, co-evolution, and co-specialisation processes in which universities can mediate diverse kinds of innovations in an ecosystemic vision. The third uncertainty, noted by Antonio Cianciulli, Guido Cianciulli and Massimo Lauria, involves external market actors, particularly from the building sector, and the indispensable role of the university in the construction of dialogic metrics to align definitions, concepts, tools, and languages of innovation processes.
In the alternation of convergences and divergences between Technology Transfer and Third Mission, the university must work in a "fluid" zone. Involving non-profit organisations as well, it is also possible to generate profit-making actions, incorporating in

Teorie, definizioni e ricadute del Trasferimento Tecnologico

Il modello teorico della "triplice elica", attraverso il trasferimento nelle attività operative sul territorio, in realtà, sta già evolvendo verso modelli a più elevata complessità, tanto da poter ormai parlare di modelli a elica multipla, in cui spesso azioni e terminologie del Trasferimento Tecnologico e delle tre missioni universitarie si mescolano. Il processo evolutivo può essere sintetizzato in tre passaggi che riassumono anche il progressivo avvicinamento fra Terza Missione e Trasferimento Tecnologico, incluse esperienze fortemente territorializzate di ricerca applicata e formazione sperimentale.

In una prima fase, matura il superamento dell'idea di università come "repubblica di studiosi"; disarticolando la sindrome della torre d'avorio, si cerca di trasferire la ricerca scientifica nelle filiere dei prodotti commercializzabili e industrializzati, attraverso una visione imprenditoriale.

Una seconda fase vede avanzare l'esigenza di affiancare all'imprenditorialità accademica attività socialmente utili connesse con il trasferimento di conoscenze, processi e servizi. In questo caso, le azioni di trasferimento assumono la natura di prodotti immateriali, quando sviluppati nei settori STEM (*Science*, *Technology*, *Engineering and Mathematics*) oppure, di pratiche riguardanti l'uso e la gestione di beni comuni, quando sviluppati nell'ambito dei settori *Humanities*.

La terza fase assume una articolazione ibrida in cui convivono elementi, strategie e risultati di trasferimento delle precedenti fasi.

In queste traiettorie evolutive si collocano anche i cambiamenti riguardanti i processi di monitoraggio e di valutazione delle istituzioni accademiche (ANVUR e VQR, nel caso italiano) che confermano la centralità delle sfide del Trasferimento Tecnologico nell'orientamento futuro delle università. Infatti, la Terza missione è assurta a un ruolo strategico centrale nella determinazione delle performance e degli impatti sociali delle istituzioni universitarie, evidenziandone la capacità di interazione con il contesto economico e produttivo.

Le università hanno così progressivamente esteso i loro ruoli oltre la ricerca e la formazione, interfacciandosi direttamente con la società, secondo principî di interdipendenza, reciprocità e inclusività (Turriziani, 2024). Il campo operativo della Terza Missione si è di conseguenza ampliato alle attività di trasferimento di innovazioni (brevetti, *spin off*, *start up*, incubatori ecc.) e di conoscenze, arrivando a includere: iniziative comunicative e disseminative, attività di servizio e di consulenza alla progettazione, risultati e impatti di azioni riferibili alla Prima e Seconda missione sul piano ambientale e socioeconomico dei territori.

Tuttavia, la sfida del Trasferimento Tecnologico non può fare riferimento a esperienze i cui esiti, risultanti da prodotti, processi e/o progetti, si limitino a risolvere problematicità circoscritte, senza oggettive ricadute innovative ambientali, socioeconomiche e culturali. Le metamorfosi in atto nel campo della ricerca scientifica sono ben più ampie, perché sottendono un cambiamento di paradigma. La ricerca impostata secondo le contrapposizioni tra dimensione teorica e applicativa, fra decisioni *top down* e *bottom up*, o fra logiche deduttive e induttive perde efficacia perché è spesso esclusivamente centrata sul *know how* e sul *know who*. Si fanno strada invece nuovi scenari verso lo sviluppo di conoscenze scientifiche intese come vettori dell'innovazione che operano anche attraverso processi euristici e ab-

this term not only the capacity to produce market values, but also the skills to induce cultural, social, landscape and political value increases through the transfer of research to the territory, in a circularity between thought and inventive processes (Schiaffonati, 2006).

The repositioning of universities as intermediary bodies will allow them to operate on "activities that lead to the commercial exploitation of scientific research through patents, the creation of academic enterprises (spin-offs), research carried out in collaboration with companies or on commission from external companies" (Perulli *et al.*, 2019). At the same time, it will also be possible to go beyond public engagement in shared spaces between public-private actions converging towards the common goods.

Theories, Definitions, and Impacts of Technology Transfer

The theoretical model of the "triple helix", through transfer to operational activities on the territory, is already evolving towards more complex models. It is already possible to speak of multiple helix models in which the actions and terminologies of Technology Transfer and the three university missions are often mixed.

The evolutionary process can be summarised in three steps that also exemplify the progressive convergence of Third Mission and Technology Transfer, including strongly territorialised experiences of applied research and experimental training.

The idea of the university as a "republic of scholars" matures in the first phase. Disarticulating the ivory tower syndrome, an attempt is made to transfer scientific research into the supply chains of marketable and industrialised products through an entrepreneurial vision.

A second phase sees the need to complement academic entrepreneurship with socially useful activities related to the transfer of knowledge, processes, and services. In this case, transfer actions take on the nature of intangible products when developed in the STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) fields, or of practices concerning the use and management of common goods, when developed in the Humanities sectors.

The third phase takes on a hybrid articulation in which elements, strategies and transfer results of the other phases coexist.

These evolutionary trajectories also include changes concerning the monitoring and evaluation processes of academic institutions (e.g. ANVUR and VQR, in the Italian case), which confirm the centrality of the challenges of Technology Transfer in the future orientation of universities. In fact, the Third Mission has risen to a central strategic role determining the performance and social impact of universities, and highlighting their capability to interact with the economic and productive context.

Universities have thus progressively extended their roles beyond research and education, interfacing directly with society, according to principles of interdependence, reciprocity, and inclusiveness (Turriziani, 2024). The operational field of the Third Mission has consequently expanded to include technology transfer activities (e.g. patents, spin-offs, start-ups, incubators, etc.) and knowledge transfer, to include communication and dissemination initiatives; service and advisory

duttivi di connessione tra il *know what* con il *know where* e il *know why* (Frondizi, 2020).
Il cambio di paradigma riguarda infatti direttamente le ricadute del Trasferimento Tecnologico sul territorio, anche quando indotte a partire da esperienze e iniziative specificamente maturate nel campo della Terza Missione universitaria. La produzione di valore diventa centrale. L'università non si limita a supportare la crescita e le innovazioni della *growth-based economy*, bensì entra in gioco in una visione più socialmente e ambientalmente sostenibile a sostegno delle trasformazioni sociali attraverso la co-produzione di conoscenze. Il passaggio non è solo culturale ma richiede appropriate valutazioni di opportunità perché comporta una generale riconcettualizzazione del rapporto fra scienza e pubblico, fra esperti e non esperti, reinquadrando le università in un sistema di missioni al servizio della società. Tale orientamento, infatti, si riscontra anche negli assunti della letteratura comunitaria europea (EU, 2020; EU, 2022; La Porta, 2021) che tende a inquadrare i processi di trasferimento sia delle conoscenze (KT), sia tecnologici (TT), entro una matrice da cui emergono due ambiti e quattro campi di misurabilità del valore ambientale, sociale ed economico.
Nell'ambito degli input è possibile collocare due campi di valutazione: i fattori di contesto interni, riconducibili al quadro delle tipologie di finanziamento, *policy* e strategie che sono a monte dei processi di trasferimento e influiscono sui *team* di lavoro; i fattori riguardanti l'ambiente di sviluppo dei processi di trasferimento, riferiti ai vari livelli formativi, di finanziamento pubblico/privato e agli eventuali investimenti di *venture capital*. L'ambito delle ricadute include invece altri due campi di riferimento: gli *output* delle attività di trasferimento riferibili a licenze, brevetti, *copyright/copyleft*, spin off/start up, agreement e contratti con terze parti, anche non accademiche; gli impatti e gli *outcome*, intesi come *core indicator* concernenti la capacità di generare posti di lavoro, nuovi investimenti, cambiamenti culturali, benefici sociali ed economici.

Orizzonti di trasferimento della ricerca tecnologica-ambientale

Il quadro ibrido delle opportunità di trasferimento della ricerca si configura rispondente anche a obiettivi e necessità imposte dalle transizioni e policrisi che interessano ormai tutte le società contemporanee.
I campi di applicazione sembrano estendersi oltre le cosiddette scienze dure STEM, tradizionalmente coinvolte nello sviluppo di invenzioni direttamente commercializzabili come prodotti o servizi. In particolare, appaiono centrali le discipline dell'area dell'architettura e dell'ingegneria che si collocano in quella posizione intermedia in cui coesistono conoscenze tecniche e umanistiche, in una spiccata visione orientata al dialogo interdisciplinare e alla co-produzione creativa di futuri sostenibili (Bassanini *et al*., 2021; Perulli *et al*., 2019). Visione, quest'ultima, che è propria della *Progettazione Tecnologica e Ambientale,* riconducibile alla capacità predittiva e strategica ma, soprattutto pragmatica, nella gestione della complessità e quindi della transizione.
Da un lato, infatti, gli obiettivi di sostenibilità sanciti con l'Agenda 2030 (UN, 2015) richiedono una capacità di trasferimento delle conoscenze teorico-concettuali in azioni attuative intersistemiche. Le istituzioni universitarie sono direttamente coinvolte come agenti di connessione tra producibilità e proget-

activities for the design; besides results and impacts of actions on the environmental and socio-economic territorial aspects relating to the First and Second Missions.
However, the challenge of Technology Transfer cannot refer to experiences, whose results from products, processes or projects are limited to solving specific problems, without objective, innovative, environmental, socio-economic, and cultural outcomes. The metamorphoses taking place in the field of scientific research are much broader because they imply a paradigm shift. Research set up according to the oppositions between theoretical and applicative dimensions, between top-down and bottom-up decisions, or between a deductive and inductive rationale loses effectiveness because it is often exclusively centred on *know-how* and *know who*. Instead, new scenarios are emerging for the development of scientific knowledge as an innovation vector that also works through heuristic and abductive processes of connection between the *know what* with the *know where* and the *know why* (Frondizi, 2020).
The paradigm shift directly concerns the effects of Technology Transfer on the territory, even when induced from experiences and initiatives specifically developed in the field of university Third Mission. The production of value becomes central. The university does not merely support innovation for the growth-based economy but enters a more socially and environmentally sustainable vision to support social transformations through the co-production of knowledge. The shift is not only cultural but requires proper assessments of expediency because it entails a general re-conceptualisation of the relationship between science and the public, between experts and non-experts, reframing universities in a system of missions at the service of society. This orientation is also found in the assumptions of European Community literature (EU, 2020; EU, 2022; La Porta, 2021), which tends to frame both knowledge (KT) and technology (TT) transfer processes within a framework from which two areas and four fields of measurability of environmental, social and economic value emerge.
Two fields of evaluation can be placed within the inputs area, precisely the internal contextual factors, which can be traced back to the framework of funding types, policies and strategies that are upstream of the transfer processes and influence the work teams; and factors concerning the development environment of the transfer processes, referring to the various levels of training, public/private financing and possible venture capital investments.
The area of impacts includes two other fields, namely the output of transfer activities related to licences, patents, copyright/copyleft, spin-offs/start-ups, agreements and contracts with third parties, including non-academic; and the outcomes, understood as core indicators concerning the ability to generate jobs, new investments, cultural changes, social and economic benefits.

Horizons of Technological-Environmental Research Transfer

This hybrid way of conducting research also responds to goals and needs imposed by the transitions and polycrisis that affect all contemporary societies.
The application fields also seem to extend beyond the STEM disciplines,

tualità delle innovazioni, anche attraverso attività progettuali, di servizio e di trasferimento tecnologico e di conoscenza a supporto di enti, associazioni o aziende (Losasso, 2014). Tali capacità sono oggi ineludibili per rispondere in modo appropriato alle continue emergenze ambientali, ecologiche, sanitarie, umanitarie, geopolitiche e belliche che affliggono gli habitat antropizzati, a livello globale o locale. In questa direzione, anche le politiche comunitarie *NEXT Generation EU* (e il conseguente PNRR) restituiscono una diffusa esigenza di trasferire i risultati delle ricerche in *output* e *outcome* verificabili sul territorio fisico e nelle sue reti produttive.

Dall'altro, gli indirizzi dell'Agenda dell'*European University Association* (EUA) per l'*Open Science* richiamano l'attenzione sulle nuove capacità che si dovranno sviluppare per contribuire all'implementazione di ecosistemi regionali dell'innovazione, definendo le università come "*leading innovators*" e "*honest brokers in innovation for a sustainable future*" (EUA, 2023). In questa seconda direzione, si auspica un rafforzamento del ruolo proattivo fra istituzioni universitarie, aziende pubbliche o private, comunità e stakeholder che non potrà però limitarsi alla mera esternalizzazione di prestazioni e servizi per bypassare le procedure burocratiche (Giofré, 2014) o a meccanici "trasferimenti" di conoscenza che potrebbero essere attuati anche da intermediari non universitari (Claudi de Saint Mihiel, 2019).

Si profilano quindi dimensioni nuove per la ricerca nell'ambito delle varie discipline che si occupano dell'ambiente costruito alle sue diverse scale. Si inizia a prospettare un'evoluzione verso i cosiddetti modelli della "quadrupla elica", mirata al coinvolgimento attivo dell'opinione pubblica e della società civile nei processi di innovazione secondo modalità *endless frontier*, o anche della "quintupla elica", dedicata a supportare nuove conoscenze e pratiche responsabili per affrontare le transizioni socio-ecologiche nel medio e lungo periodo (Thorsten, 2011; Frondizi, 2020). Nel contempo, cogliendo le sollecitazioni del PNRR, ci si avvia anche a prospettare un passaggio verso una "Quarta Missione" per le istituzioni universitarie che potranno mettere in gioco le loro ricerche anche con i soggetti del Terzo Settore e nelle sfide della scienza aperta per affrontare disuguaglianze e povertà educative (Iannantuoni, 2024).

Il trinomio Ricerca Scientifica, Trasferimento Tecnologico, Terza Missione sembra quindi assumere un carattere inscindibile e, con tale quadro operativo, dovrà di certo confrontarsi anche la comunità scientifica della *Progettazione Tecnologica e Ambientale dell'Architettura*. Come si evince dai saggi degli autori coinvolti in questo dossier, si delineano nuovi orizzonti di valorizzazione e di capitalizzazione dei saperi scientifici, sia per i potenziali impatti e ricadute che il Trasferimento Tecnologico potrà determinare direttamente sul territorio, sia per le responsabilità che le università assumeranno sempre più nel quadro della produzione, del confronto e delle sinergie fra conoscenze poli e cross-disciplinari.

È probabile che il Trasferimento Tecnologico possa condurci progressivamente verso la cultura dell'*Open Science* e *Open Source* al servizio della società – richiamate anche dagli autori – in cui sarà necessario che dati, fonti, informazioni e conoscenze assumano sempre più un carattere FAIR, *Findable, Accessible, Interoperable, Reusable*. Ma, in attesa che questo avvenga, sarà fondamentale indirizzare le attività di Trasferimento Tecnologico affiancandole con azioni che supportino una parallela transizione dalle logiche del *Public Understanding of Science* verso

usually involved in the development of inventions directly marketable as products or services. Disciplines of architecture and engineering are central for their intermediate position where technical and humanistic knowledge coexist, in a distinct vision oriented towards interdisciplinary dialogue and the creative co-production of sustainable futures (Bassanini *et al.*, 2021; Perulli *et al.*, 2019). This vision is inherent to Technological and Environmental Design attributable to the predictive and strategic but above all pragmatic capability to manage complexity and thus transition.

Sustainability goals of the Agenda 2030 (UN, 2015) require a capability for transferring theoretical-conceptual knowledge into cross-system implementation actions. University institutions are directly involved as connecting agents between the producibility and design of innovations, including through project, service, and technology/knowledge transfer activities to support organisations, associations, or companies (Losasso, 2014). Such capabilities are unavoidable today to respond appropriately to the continuous environmental, ecological, health, humanitarian, geopolitical, and warfare emergencies that afflict human habitats, either globally or locally. In this direction, the *NEXT Generation EU* policies (and the consequent Italian PNRR) also reflect a widespread need to transfer research results into verifiable outputs and outcomes on the physical territory and related production networks.

The guidelines of the European University Association's (EUA) *Agenda for Open Science* draw attention to the new capabilities to be developed for the implementation of regional innovation ecosystems, defining universities as "leading innovators" and "honest brokers in innovation for a sustainable future" (EUA, 2023). In the latter direction, a strengthening of the pro-active role between universities, public or private companies, communities and stakeholders is hoped for. This role cannot be limited to outsourcing performances and services to bypass bureaucratic procedures (Giofré, 2014) or to mechanical knowledge "transfers" that could also be implemented by non-university intermediaries (Claudi de Saint Mihiel, 2019).

New dimensions are, therefore, emerging for research in the various disciplines dealing with the built environment at its various scales. Evolution models are beginning to be envisaged on double fields. The so-called "quadruple helix" model is aimed toward the active involvement of the public and civil society in innovation processes according to endless frontier modes. The "quintuple helix" model is projected to support new knowledge and responsible practices to address socio-ecological transitions in the medium and long term (Thorsten, 2011; Frondizi, 2020). At the same time, taking up the PNRR strains, there is also a move toward a "Fourth Mission" for universities that will be able to carry out their research with Third Sector actors, and with Open Science challenges to tackle inequalities and educational poverty (Iannantuoni, 2024).

The trinomial of Scientific Research, Technology Transfer, and Third Mission thus acquires an inseparable character and, with this operational framework, the scientific community of Technological and Environmental Design of Architecture will certainly also have to deal with it. As can be seen

nuovi format interpretativi, comunicativi e di co-produzione di tipo PEST/*Public Engagement in Science and Technology*.

REFERENCES

Baricco, A. (2018), *The Game*. Giulio Einaudi Editore, Torino.

Bassanini, F., Treu, T. and Vittadini, G. (a cura di) (2021), *Una società di persone? I corpi intermedi nella democrazia di oggi e di domani*. Il Mulino, Bologna.

Claudi de Saint Mihel, A. (2019), "La Terza Missione tra dimensione innovativa e funzione di public engagement", *TECHNE – Journal of Technology for Architecture and Environment*, Vol. 18, pp. 341-344.

Consiglio Europeo (2000), "Conclusioni della Presidenza alla sessione straordinaria del 23-24 marzo 2000", Lisbona. Available at: https://www.europarl.europa.eu/summits/lis1_it.htm (accessed 12 January 2025).

European Union (2020), "Knowledge Transfer Metrics. Towards a European–wide set of harmonised indicators". Available at: https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC120716 (accessed 21 June 2024).

European Union (2022), "Knowledge Transfer Metrics. Exploration of composite indicators for knowledge transfer". Available at: https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/d3260d80-5e59-11ed-92ed-01aa75ed71a1/language-en (accessed 21 June 2024).

European University Association (2023), "EUA Innovation Agenda 2026". Available at: https://www.eua.eu/downloads/publications/eua%20innovation%20agenda%202026.pdf (accessed 30 July 2024).

Floridi, L. (2017), *La quarta rivoluzione industriale. Come l'infosfera sta trasformando il mondo*. Raffaello Cortina Editore, Milano.

Frondizi, R. (2020), *La Terza Missione delle Università. Strategia, Valutazione e Performance*. Giappichelli Editore, Torino.

Giofré, F. (2014), "Terza missione: spin off universitarie in Italia tra opportunità e criticità", *TECHNE – Journal of Technology for Architecture and Environment*, Vol. 7, pp. 27-32.

Iannantuoni, G. (2024), "L'università si apra a Terzo settore e sociale!", *Formazione*, 19 gennaio 2024. Available at: https://www.vita.it/giovanna-iannantuoni-presidente-crui-luniversita-si-apra-a-terzo-settore-e-sociale/ (accessed 27 August 2024).

La Porta, L. (2021), "Terza Missione: come si misura il trasferimento di conoscenza". *Education Around,* 17 aprile 2021. Available at: https://educationaround.org/blog/2021/04/17/terza-missione-come-si-misura-il-trasferimento-di-conoscenza/ (accessed 21 July 2024).

Losasso, M. (2014), "Ricerca, progetto architettonico e trasferimento delle conoscenze", *TECHNE – Journal of Technology for Architecture and Environment*, Vol. 8, pp. 8-12.

Perulli, A., Rostan, M. and Semenza, R. (Ed.) (2019), *La terza missione degli accademici italiani*. Il Mulino, Bologna.

Schiaffonati, F. (2006), "Intervento", in Di Battista, V, Giallocosta. G. and Minati, G. (Ed.), Architettura e approccio sistemico, Polimetrica, Milano, pp. 173-174.

Thorsten D.B. (2011), "The Idea of a Green New Deal in a Quintuple Helix Model of Knowledge, Know-How and Innovation", *International Journal of Social Ecology and Sustainable Development* (IJSESD), IGI Global, Vol. 2, n.1, pp. 1-14, Available at: https://ideas.repec.org/a/igg/jsesd0/v2y2011i1p1-14.html (accessed 10 September 2024).

Turriziani, L. (2024), *Il processo di trasferimento tecnologico universitario*. Wolters Kluwer, Alphen aan den Rijn.

United Nations (2015), "Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development/SDG 7". Resolution adopted by the General Assembly on 25 September 2015. UN A/RES/70/1. Distr.: General 21 October 2015. Available at: https://www.un.org/sustainabledevelopment/development-agenda/ accessed 10 September 2024).

from the essays by authors involved in this dossier, new horizons for the value enhancement and capitalisation of scientific knowledge are emerging, both in terms of the potential impacts that Technology Transfer can directly determine on the territory, and of the responsibilities universities will increasingly accept in the framework of production, comparison and synergies between poly- and cross-disciplinary knowledge.
Technology Transfer is likely to lead us progressively towards a culture of Open Science and Open Source at the service of society – also referred to by the authors – in which data, sources, information, and knowledge will increasingly need to be FAIR (Findable, Accessible, Interoperable, Reusable). But, while waiting for this to happen, it will be essential to address Technology Transfer activities by flanking them with actions that support a parallel transition from the rationale of *Public Understanding of Science* towards new interpretative, communicative and co-production formats of the PEST/*Public Engagement in Science and Technology* type.

TRASFERIMENTO TECNOLOGICO. SCENARI DI INNOVAZIONE E METRICHE DIALOGICHE PER IL SETTORE DELLE COSTRUZIONI

Antonio Cianciulli[1], antonio@acca.it
Guido Cianciulli[1], guido@acca.it
Massimo Lauria[2], https://orcid.org/0000-0003-4363-6642 mlauria@unirc.it
[1]Acca Software SpA, Italia
[2]Dipartimento di Ingegneria Civile, dell'Energia, dell'Ambiente e dei Materiali, Università degli Studi Mediterranea di Reggio Calabria, Italia

Abstract. La Terza Missione Universitaria oggi include il trasferimento delle conoscenze e quello tecnologico, la valorizzazione dei risultati della ricerca ai fini economici, la promozione dell'imprenditorialità accademica. Rinnovate modalità collaborative tra ricerca industriale e accademica dettano i termini di nuove tassonomie operative e innovative metriche dialogiche tra i diversi attori che operano per il settore delle costruzioni. Storicamente caratterizzato da bassi indici di innovazione, quest'ultimo, si apre alle opportunità connesse alle politiche attuative di Industria 4.0 e 5.0; ai tradizionali grandi player dell'innovazione si affiancano, con ruoli di leadership, aziende che operano nel mercato delle innovazioni digitali, sostenendo la transizione in atto e offrendo risposte alle esigenze di decarbonizzazione dell'ambiente costruito.

Parole chiave: Innovazione tecnologica; Trasferimento delle conoscenze; Ricerca Industriale.

Ricerca di base vs ricerca applicata

La Comunicazione della Commissione Europea del giugno 2014, emanata per disciplinare gli aiuti di Stato a favore di ricerca, sviluppo e innovazione, introduce e definisce, nel corpo di un provvedimento di natura fiscale, i concetti di "ricerca applicata", "sviluppo sperimentale", "ricerca fondamentale", "ricerca industriale", "trasferimento di conoscenze", chiarendone finalità, caratteri e ambiti di azione (Commissione Europea, 2014).

Nascono e si affermano contestualmente i termini di una sottintesa dicotomia, ricerca di base – ricerca applicata, rispetto alla quale il concetto di "trasferimento delle conoscenze", oggi più propriamente definito "trasferimento tecnologico", sembra aver definitivamente assunto le funzioni di anello di congiunzione e naturale cinghia di trasmissione dei risultati della ricerca ai fini della loro trasformazione e del loro successivo utilizzo per innovare prodotti, processi o servizi esistenti, oppure, per svilupparne di nuovi da immettere nel mercato.

Il dibattito attorno ai termini di detta dicotomia, con il trascorrere degli anni, sembra essersi radicalizzato.

Da un lato i sostenitori, per lo più di estrazione accademica che, così come postulato dall'articolo 9 della Costituzione Italiana, considerano alimentare e rinnovare la cultura la vera Terza Missione dell'Università (Montanari, 2025).

Dall'altro, i convinti assertori, anche accademici ma non solo, che la ricerca debba necessariamente adeguarsi alle istanze connesse ad una idea di sviluppo e di progresso basata sull'innovazione quale motore per la crescita dell'economia e, appunto, del mercato.

Nel mezzo la consapevolezza del ruolo che rivestono e le responsabilità di cui sono investiti per la crescita della società, la ricerca – di base o applicata che sia – e i suoi principali attori (sistema della ricerca accademica in particolare).

Si inquadrano in questo contesto le teorie che, per affermarne l'importanza in uno scenario di reciproche relazioni con il mercato e i decisori politici, hanno istruito l'elaborazione dei noti modelli della tripla elica, prima (Etzkowitz and Leydesdorff, 2000), e quello della quadrupla elica, successivamente (Carayannis and Campbell, 2012).

TECHNOLOGY TRANSFER. INNOVATION SCENARIOS AND DIALOGICAL METRICS FOR THE CONSTRUCTION SECTOR

Abstract. Today, the Third University Mission includes knowledge and technology transfer, the value enhancement of research results, and the promotion of academic entrepreneurship. Renewed collaborative methods between industrial and academic research define new operational taxonomies and innovative dialogical metrics between players operating in the construction sector. Historically characterised by low innovation, the construction sector opens up opportunities related to the implementation policies of Industry 4.0 and 5.0. Traditional operators are joined, with leadership roles, by companies operating in the digital innovation market to assist the ongoing transition and the decarbonisation path of the built environment.

Keywords: Technological innovation; Knowledge transfer; Industrial research.

Fundamental Research vs. Applied Research

The Communication of the European Commission of June 2014, issued to regulate State aid for research, development and innovation, introduces and defines, in the body of a fiscal provision, the concepts of "applied research", "experimental development", "fundamental research", "industrial research" and "transfer of knowledge", clarifying their purposes, characteristics and areas of action. (European Commission, 2014)

At the same time, an implicit dichotomy is born and asserted, precisely basic research vs. applied research. In this dichotomy, the "transfer of knowledge", today more properly defined as "technology transfer", acquires the functions of a link and natural transmission belt of the research results for their transformation and use to innovate existing products, processes or services, or to develop new market-oriented ones.

Over the years, the debate around the terms of this dichotomy has become more radical.

The supporters, mostly of academic extraction, consider nurturing and renewing culture as the true Third Mission of the University, as postulated by Article 9 of the Italian Constitution (Montanari, 2025).

However, the convinced supporters, including academics but not only, believe research must necessarily adapt to an idea of development and progress based on innovation as a driver for the growth of the economy and the market.

In the middle lies the awareness of the role played by the main actors (the academic research system, in particular) and the responsibilities they have.

ISSN online: 2239-0243 | © 2025 Author(s) | http://www.fupress.com/techne | DOI: 10.36253/techne-18307
Open access, peer-reviewed article published by Firenze University Press (https://www.fupress.com) and distributed, except where otherwise noted, under the terms of the CC BY 4.0 License for content and CC0 1.0 Universal for metadata

Analogamente, di grande interesse appaiono alcune riflessioni sul ruolo che la ricerca universitaria possa e debba svolgere in un simile contesto.
Goddard e Kempton (2016) propongono a loro volta due modelli interpretativi. Quello della "un-*civic university*" centrato sul ruolo, tendenzialmente autoreferenziale, dell'azione sviluppata principalmente nelle due missioni della didattica e della ricerca. Quello della "*civic university*" che invece equilibra il peso e l'impegno delle tre missioni, considerandolo paritetico e ridisegnando, nella sostanza, il rapporto tra l'accademia e il territorio di riferimento, ivi compreso il suo ecosistema sociale e produttivo.

Terza missione accademica e trasferimento tecnologico

Negli anni la Terza Missione ha subito diverse trasformazioni. Oggi include, a pieno titolo, il trasferimento delle conoscenze e quello tecnologico, la valorizzazione dei risultati della ricerca ai fini economici, la promozione dell'imprenditorialità accademica. Coinvolge diversi soggetti che ne supportano l'azione: dagli uffici per il Trasferimento Tecnologico, oramai strutturati presso ogni Ateneo, alle *start-up* innovative e agli *spin-off* accademici. Società, queste ultime, con la partecipazione – spesso diretta – delle università al capitale sociale e con il ruolo attivo di docenti e ricercatori che realizzano un raccordo con gli ecosistemi produttivi del territorio, trasformando la ricerca accademica in innovazione *technology-push* attraverso la costituzione di nuove imprese ad alto contenuto di conoscenza.
Si tratta di un fenomeno significativo, non solo dal punto di vista scientifico e imprenditoriale ma anche numerico. Secondo il XIX Rapporto Netval gli spin-off accademici nel quinquennio 2018-2022 hanno avuto una crescita costante arrivando a superare la soglia delle duemila unità, confermando il consolidamento del fenomeno su scala nazionale. Meno significativo, invece, il dato relativo alle performance economiche che evidenzia, nella maggioranza dei casi, fatturati esigui e strutture micro-imprenditoriale. Molti *spin-off* operano come estensioni di gruppi di ricerca e di laboratori universitari o come entità semi-artigianali, piuttosto che come start-up in grado di effettuare un vero e proprio salto di scala imprenditoriale.
Il rapporto conclude affermando che il sistema dell'imprenditorialità accademica registra ancora due velocità, con pochi Atenei, i più attivi, che contribuiscono quasi al 50% dei risultati, e i rimanenti che dimostrano quanto appaia ancora complessa la ricerca di nuovi e sostenibili equilibri tra ricerca, innovazione, sviluppo e profitto (Netval, 2024).
Nel suo rapporto sul futuro della competitività europea del settembre 2024, anche Mario Draghi afferma che la mancanza di dinamismo industriale dell'Europa è dovuta in gran parte a debolezze lungo il "ciclo di vita dell'innovazione" che impediscono a nuovi settori e aziende concorrenti di emergere. Tale debolezza coinvolge direttamente le istituzioni accademiche che, sempre a detta di Draghi, non raggiungono i massimi livelli di eccellenza e, di conseguenza, il passaggio dall'innovazione alla commercializzazione è debole proprio per via di un processo ricerca-trasferimento tecnologico-innovazione-mercato lento e inefficace (Draghi, 2024).
Medesimi principi, che affermano la necessità del legame tra ricerca e competitività, istruiscono la transizione verso il prossimo Programma Quadro Europeo, il *Framework Programme* 10, FP10, per la ricerca e l'innovazione e che succederà a *Horizon Europe*.

In this context, the importance of reciprocal relationships with the market and policy makers inspired the well known triple helix models first (Etzkowitz and Leydesdorff, 2000), and the quadruple helix later (Carayannis and Campbell, 2012).
Similarly, some considerations on the role that university research can and should play in such a context appear interesting.
Goddard and Kempton (2016) in turn propose two interpretative models. The "un-civic university" mainly focused on the role, tendentially self-referential, of the two missions of teaching and research. The "civic university" which, instead, balances the weight of the three missions, considering it equal and substantially redesigning the relationship between the academy and the reference territory, including its social and productive ecosystem.

Third academic mission and technology transfer

Over the years, the Third Mission has undergone several transformations. Today it includes the transfer of knowledge and technology, the value enhancement of research results for economic purposes, and the promotion of academic entrepreneurship. It involves various entities that support its action, precisely the offices for Technology Transfer, now structured at each University, innovative start-ups and academic spin-offs. The latter are companies with the participation – often direct – of the universities in the corporate capital, and with the active role of professors and researchers who create a connection with the productive ecosystems of the territory. They transform academic research into technology, and push innovation through the creation of new companies with a high knowledge content.
This is a significant phenomenon, not only from a scientific and entrepreneurial point-of-view, but also numerically. According to the XIX Netval Report, academic spin-offs in the five-year period 2018-2022 enjoined a constant growth exceeding threshold of two thousand units, confirming the consolidation of the phenomenon on a national scale. However, the data relating to economic performance is less significant. In the majority of cases, it highlights low turnover and micro-entrepreneurial structures. Many spin-offs operate as extensions of research groups and university laboratories or as semi-artisanal entities, rather than as start-ups capable of making a real leap on an entrepreneurial scale.
The report states that the academic entrepreneurship system still has two speeds. A few universities, the most active, contribute almost 50% of the results, while the remaining ones demonstrate the complexity of the search for a new and sustainable balance between research, innovation, development and profit (Netval, 2024).
In his report on the future of European competitiveness of September 2024, Mario Draghi also states that Europe's lack of industrial dynamism is largely due to weaknesses along the "innovation life cycle", which prevent new sectors and competing companies from emerging. This weakness directly involves academic institutions which, according to Draghi, do not reach the highest levels of excellence. Consequently, the transition from innovation to commercialisation is weak because of a slow and ineffective research-technology transfer-innovation-market process (Draghi, 2024).
The same principles affirm the need

Il settore delle costruzioni In questo contesto, non privo di contraddizioni, riflessioni specifiche riguardano le lente, e piuttosto refrattarie all'innovazione, dinamiche di crescita che caratterizzano il settore delle costruzioni.

Osserviamo oggi un comparto che, secondo recenti dati ISTAT, in Italia vale il 5,3% del PIL, produce 100 miliardi di euro di valore aggiunto e impiega 1,7 milioni di lavoratori.

A livello mondiale, gli analisti dal *Mc Kinsey Global Institute* qualche anno addietro ne evidenziavano la lunga tradizione di scarsa produttività dovuta alla incapacità di innovazione. La spesa legata a questo comparto rappresentava il 13% del PIL mondiale ma la crescita annuale della sua produttività negli ultimi 25 anni risultava solo dell'1% (Mc Kinsey Global Institute, 2017).

Una tendenza che, sebbene confermata di recente, ancora dagli stessi analisti del Mc Kinsey Global Institut (Mischke *et al*., 2024), dopo anni di mancata attenzione verso l'ambiente, bassa produttività e altrettanto bassi indici di innovazione tecnologica, registra, quantomeno, l'avvio di un processo di revisione dei propri statuti. Le attuali politiche attuative del *Green Deal* europeo nonché di Industria 4.0 e 5.0 sostengono la transizione ecologico-digitale e aprono a nuove opportunità connesse principalmente all'applicazione delle relative "tecnologie emergenti", anche come risposta strutturata alle esigenze di decarbonizzazione del settore.

L'Intelligenza Artificiale per il management avanzato e per il *decision making*; il *Design* Parametrico e generativo per la morfogenesi computazionale di forme complesse; la Realtà Virtuale e Aumentata per la costruzione virtuale di luoghi e la simulazione di contesti operativi; gli approcci *Digital Twin* che affermano innovative modalità di interazione tra realtà fisiche e virtuali; il *Digital Manufacturing off-site* e *on-site*; l'*Additive Manufacturing* (stampa 3D); la Robotica Avanzata; l'*Internet of Things* e i Sistemi di Sensoristica per il monitoraggio *real time* delle prestazioni; le Piattaforme Digitali e il Cloud Computing per la condivisione e gestione dei dati relativi al governo sostenibile del ciclo di vita di edifici e infrastrutture, e non ultime, le procedure di modellazione informativa finalizzate all'ottimizzazione dei processi quali le metodologie di interoperabilità *Building Information Modeling*, BIM, sono tutte modalità strumentali in grado di introdurre e promuovere innovate capacità di governance dei processi progettuali, realizzativi e di gestione, correggendone le inefficienze e incrementando la qualità delle opere. Istruiscono la ricerca nel settore AEC (*Architecture, Engineering & Construction*) e, conseguentemente, presentano significative ricadute sui settori di specializzazione delle grandi imprese, delle PMI e, con queste, di diversi spin-off universitari.

Gli scenari di innovazione In esito a queste trasformazioni, ai tradizionali grandi player dell'innovazione del settore (le imprese di costruzione, i produttori di materiali, semilavorati, prodotti e sistemi, le grandi società di ingegneria, in maniera più defilata, gli organismi di ricerca) si affiancano con ruolo trainate e di leadership, aziende che operano nel segmento di mercato che riguarda la svolta digitale in atto.

Nascono e si affermano rinnovate modalità collaborative tra industria e mondo della ricerca relativamente alle quali le esperienze condotte dagli autori[1], alcune in condivisione in un rap-

for a link between research and competitiveness, and guide the transition towards the next European Framework Programme, the Framework Programme 10, FP10, for research and innovation, which will succeed Horizon Europe.

The construction sector

In this context, not without contradictions, which is slow and rather refractory to innovation, growth dynamics characterise the construction sector.

According to recent ISTAT data, today we observe a sector that, in Italy, is worth 5.3% of GDP, produces 100 billion euros of added value, and employs 1.7 million workers.

At a global level, a few years ago analysts from the McKinsey Global Institute highlighted the long tradition of low productivity due to the inability to innovate. Spending related to this sector represented 13% of global GDP, but the annual growth of its productivity in the last 25 years was only 1% (McKinsey Global Institute, 2017).

The same analysts from the McKinsey Global Institute have recently confirmed this trend (Mischke *et al*., 2024).

However, after years of environmental indifference, low productivity and equally low indices of technological innovation, the construction sector is at least starting a process of reviewing its statutes. The current implementing policies of the European Green Deal, as well as Industry 4.0 and 5.0, support the ecological-digital transition, and open new opportunities connected to the application of the related "emerging technologies", also as a structured response to the decarbonisation needs of the sector.

Artificial Intelligence for advanced management and decision-making; Parametric and generative Design for the computational morphogenesis of complex shapes; Virtual and Augmented Reality for the virtual construction of places and the simulation of operational contexts; Digital Twin approaches that affirm innovative methods of interaction between physical and virtual realities; off-site and on-site Digital Manufacturing; Additive Manufacturing (3D printing); Advanced Robotics; the Internet of Things and Sensor Systems for real-time performance monitoring; Digital Platforms and Cloud Computing for sharing and managing data related to the sustainable governance of the life cycle of buildings and infrastructures and, finally, information modelling procedures aimed at optimising processes such as interoperability methodologies, namely Building Information Modelling, BIM, are all instrumental methods capable of introducing and promoting the innovative governance capabilities of design, construction and management processes, correcting inefficiencies and increasing the quality of the works.

These emerging technologies direct research in the AEC (Architecture, Engineering & Construction) sector. Consequently, they have significant implications for the specialisation sectors of SMEs, along with various university spin-offs.

Innovation scenarios

As a result of these transformations, companies operating in the market segment that concerns the ongoing digital revolution are joining the traditional large innovation players in the sector (construction companies, producers of materials, semi-finished

porto di collaborazione nell'ambito delle attività di uno *spin-off* universitario[2] potrebbero risultare paradigmatiche.
Negli ultimi anni, infatti, il modello di innovazione implementato da una grande azienda quale ACCA Software SpA, sviluppato basandosi su quattro principi cardine – conoscenza, collaborazione, competitività, condivisione – si è affermato grazie al passaggio da una logica di integrazione tra attori eterogenei, ciascuno con finalità distinte, a una visione olistica e sistemica. Un approccio evolutivo nell'ambito del quale, istituzioni pubbliche, organismi di ricerca, società civile e partner industriali operano come un'entità coesa, orientata da un obiettivo condiviso: contribuire a trasformare il settore delle costruzioni da ambito a prevalente carattere artigianale e soggetto a elevati livelli di inefficienza, a un ecosistema digitale avanzato, capace di minimizzare sprechi e ottimizzare processi. Una sfida complessa e multidimensionale che riguarda gli scenari di innovazione del settore e coinvolge le diverse fasi del processo scientifico e tecnologico. La conoscenza, in tale prospettiva, non è più generata e applicata in compartimenti stagni, ma si sviluppa all'interno di ecosistemi collaborativi dove la produzione teorica, la sperimentazione applicata e l'implementazione industriale coesistono e si influenzano reciprocamente.
In questo senso i processi inerenti al progressivo e costante operare per sostenere l'upgrade della maturità tecnologica – il *Technology Readiness Level*, TRL – di idee innovative costituiscono il campo operativo nell'ambito del quale si configurano, si qualificano e si collocano i contributi della ricerca di base e di quella industriale. Questi, in un rapporto osmotico, conducono attraverso il testing e la convalida di prototipi in ambiente che riproduca le condizioni operative reali, allo sviluppo di nuovi o innovati prodotti, processi o servizi digitali, *market oriented*.
Un processo attraverso cui la Terza Missione universitaria, nell'ambito del proprio continuo e dinamico processo evolutivo, si fa latrice di conoscenze scientifiche, competenze e metodi da trasferire, non senza difficoltà, al settore produttivo, con l'obiettivo di massimizzarne gli impatti socioeconomici e culturali.

La gestione informativa digitale delle costruzioni

Nella catena di produzione di valore del settore delle costruzioni, emerge dunque il ruolo che i nuovi player dell'innovazione possono svolgere mediante lo sviluppo e l'applicazione di innovazioni rivoluzionarie e dirompenti, proprie del mondo digitale. Tra queste, rilevanti sono le potenzialità connesse ai metodi e agli strumenti di gestione informativa digitale delle costruzioni, così come oramai definitivamente affermato anche dal nuovo Codice degli Appalti.
L'ingegnerizzazione dei processi, l'integrazione delle attività-funzioni, il ruolo dei sistemi informativi fondati su architetture di rete e data-base relazionali, che rendono agevole a tutti gli operatori l'accesso ai dati relativi alla costruzione attraverso l'utilizzo di metodologie di *Building Information Modeling*, si configurano tra le più importanti rivoluzioni digitali del settore. Consentono di generare modelli informativi dinamici, interdisciplinari e condivisi, in grado di contenere ed organizzare le informazioni riferite ai singoli asset in un sistema informativo digitale.
Ponendo l'attenzione sul concetto di progettazione integrata, all'interno della quale molti attori possono collaborare nell'introduzione dei loro saperi specialistici e delle loro conoscenze

products, products and systems, large engineering companies and, in a more hidden way, research organisations) with a leading and driving role.
Renewed collaborative methods between industry and the world of research are emerging. Compared to these, the experiences conducted by the authors[1], some shared in a collaborative relationship within the activities of a university spin-off[2], could be paradigmatic.
In recent years, the innovation model implemented by the large company ACCA software spa has developed based on four key principles, precisely knowledge, collaboration, competitiveness, and sharing. It has progressively conquered the market thanks to the transition from a logic of integration between heterogeneous actors, each with distinct purposes, to a holistic and systemic vision. An evolutionary approach in which public institutions, research organisations, civil society and industrial partners operate as a cohesive entity, oriented by the common objective of transforming the construction sector from a predominantly artisanal area subject to high levels of inefficiency, to an advanced digital ecosystem, capable of minimising waste and of optimising processes. This is a complex and multidimensional challenge that concerns the innovation scenarios of the sector, and involves the different phases of the scientific and technological process. In this perspective, knowledge is no longer generated and applied in separate compartments but, instead, develops within collaborative ecosystems where theoretical production, applied experimentation and industrial implementation coexist and influence each other.
In this sense, the processes to support the upgrade of technological maturity – the Technology Readiness Level, TRL – of innovative ideas constitute the operational field in which the contributions of basic and industrial research are configured, qualified and positioned. In an osmotic relationship, they lead to the development of new or innovative market-oriented products, processes or digital services by testing and validating prototypes in an environment that reproduces real conditions.
Through this process, the Third University Mission, within its continuous and dynamic evolutionary process, becomes the bearer of scientific knowledge, skills and methods to be transferred, not without difficulty, to the production sector, with the aim of maximising its socio-economic and cultural impacts.

Digital information management of construction

In the value production chain of the construction sector, the role of innovation players, operating in the field of development and application of revolutionary and disruptive innovations emerges. The potential connected to the methods and tools of digital information management of construction is, therefore, relevant, as confirmed by the new Procurement Code.
The engineering of processes, the integration of activities-functions, the role of information systems based on network architectures and relational databases, which simplify operator access to data relating to construction using Building Information Modeming methodologies, are among the most important digital revolutions in the sector. They permit the generation of dynamic, interdisciplinary and shared

settoriali man mano che l'opera si concretizza, è evidente che l'approccio dell'interoperabilità, tipico del BIM, possa giocare un ruolo chiave per migliorarne collaborazione e condivisione dei saperi. L'utilizzo dei formati aperti nei processi di scambio informativo è cruciale: tali formati garantiscono non solo la rispondenza alle richieste legislative e normative, ma forniscono una serie di indubbi vantaggi: accesso ai dati senza alcun vincolo legale o temporale da parte di tutti gli operatori, nessun legame con specifiche progettuali o specifici strumenti *software*, archiviazione a lungo termine, nessuna limitazione alla concorrenza. Una visione, anche etica, che risiede nel trasformare il BIM in openBIM®, ponendo al centro l'uso del modello informativo e non i software, perché solo così è possibile rendere il BIM più democratico con spazi di collaborazione aperti, tools che lavorano su formati standard, semplicità d'uso e costi accessibili a tutti in tutti i Paesi del mondo.
Una nuova sfida, quella della gestione informativa digitale delle costruzioni, che si fonda su un ecosistema collaborativo, nel quale organismi di ricerca, enti governativi – attraverso l'erogazione di fondi pubblici e politiche di sostegno all'innovazione – società (intese sia come clienti, sia come portatrici di esigenze e valori), enti di normazione e organizzazioni non profit, come buildingSMART, operano in un quadro di co-progettazione e co-evoluzione tecnologica alla costruzione di soluzioni digitali interoperabili aperte e scalabili, orientate alla sostenibilità, all'efficienza e alla riduzione degli sprechi.

Metriche dialogiche

All'interno di un tale modello di innovazione, le metriche dialogiche assumono un ruolo centrale nella valutazione dell'efficacia e della qualità delle dinamiche relazionali tra i diversi attori coinvolti. Tali metriche si distaccano dalle tradizionali logiche di misurazione lineare o prestazionale, per orientarsi verso criteri capaci di rilevare il valore generato dal dialogo interattivo, dall'apprendimento reciproco e dalla co-costruzione di conoscenza. Tuttavia, è indispensabile allineare le conoscenze dei singoli attori ed uniformare il linguaggio impiegato mediante la definizione semantica di termini, acronimi e concetti; riducendo il rischio di inesattezze per favorire una partecipazione strutturata, approfondire specificità ed esplorare potenzialità.
In questo senso, le metriche dialogiche si configurano come strumenti abilitanti per una governance riflessiva e adattiva dell'innovazione, orientata non solo al raggiungimento di risultati tecnici, ma alla costruzione di senso condiviso, fiducia inter-organizzativa e valore pubblico. Diversi i principali indicatori di impatto: il livello di reciprocità e trasparenza nei processi decisionali; la qualità della condivisione informativa tra *stakeholder* eterogenei; la capacità di mediazione tra obiettivi divergenti; il grado di inclusione e rappresentatività delle istanze sociali e normative; la continuità e profondità delle collaborazioni nel tempo; l'effettivo impatto generato dalle interazioni in termini di innovazione implementata.
Perseguendo la valorizzazione economica dell'innovazione attraverso la sperimentazione e l'adozione di soluzioni tecnologicamente avanzate, in maniera strategica e consapevole, si deve e si può dunque tendere alla ricerca collaborativa con organismi di ricerca del panorama nazionale ed internazionale, in cui le tradizionali distinzioni tra ricerca di base, ricerca industriale, sviluppo sperimentale e trasferimento tecnologico risultano

information models, capable of containing and organising information relating to individual assets in a digital information system.
In the field of integrated design, many actors can collaborate in introducing their specialised and sectoral knowledge in the building processes. The interoperability approach, typical of BIM, can play a key role in improving collaboration and knowledge sharing. The use of open formats in information exchange processes is crucial. These formats not only guarantee compliance with legislative and regulatory requirements, but provide a series of clear advantages, such as access to data without any legal or temporal constraints by all operators, no link with project specifications or specific software tools, long-term archiving, and no limitations on competition. This ethical vision envisages transforming BIM into openBIM® by placing the information model at the centre, and not the software, making BIM more democratic with open collaboration spaces, tools that work on standard formats, ease of use and accessible costs to users in all countries of the world.
Digital information management of construction is a new challenge based on a collaborative ecosystem, in which research organisations, government bodies – through the provision of public funds and policies to support innovation – companies (intended both as customers and as bearers of needs and values), standardisation bodies and non-profit organisations, such as buildingSMART, operate in a framework of co-design and technological co-evolution to build open and scalable interoperable digital solutions oriented towards sustainability, efficiency and waste reduction.

Dialogiocal metrics

Within such an innovation model, dialogical metrics play a central role in evaluating the effectiveness and quality of relational dynamics between the different actors involved. These metrics depart from traditional linear or performance-based measurement logics to criteria capable of detecting the value generated by interactive dialogue, mutual learning and co-construction of knowledge. However, it is essential to align the knowledge of individual actors and to standardise the language used through the semantic definition of terms, acronyms and concepts by reducing the risk of inaccuracies to encourage structured participation, deepen specificity and explore potential.
Dialogical metrics are configured as enabling tools for a reflective and adaptive governance of innovation, oriented not only to the achievement of technical results, but to the construction of shared meaning, inter-organisational trust, and public value. There are several main impact indicators, such as the level of reciprocity and transparency in decision-making processes; the quality of information sharing between heterogeneous stakeholders; the capacity for mediation between divergent objectives; the degree of inclusion and representativeness of social and regulatory demands; the continuity and depth of collaborations over time; and the actual impact generated by interactions in terms of implemented innovation.
In order to strategically and consciously pursue the economic value enhancement of innovation through experimentation and the adoption of technologically advanced solutions, collaborative research with research

superate da una visione unitaria e sistemica del processo di innovazione.
Sarebbe sbagliato tuttavia considerare questo processo come unidirezionale. Lo scambio di conoscenza, per essere tale, deve portare con sé valore e ricadute anche per il mondo della ricerca universitaria, ampliando, ad esempio, il novero degli strumenti metodologici resi disponibili per studiosi e ricercatori. Uno scambio che già sta dettando i termini di una revisione dei metodi di norma utilizzati. Approcci *curiosity driven* e *design-driven innovation*, la ricerca di soluzioni *market pull* e *technology-push*, costituiscono non solo nuove tassonomie operative ma anche, sempre più spesso, indirizzi introdotti dai bandi per finanziare la ricerca competitiva, intesa quale obiettivo emergente di un sistema integrato di conoscenze, competenze e visioni. Prodotto dall'interazione continua tra scienza, industria, istituzioni e società civile.

NOTE

[1]Guido e Antonio Cianciulli, sono rispettivamente CEO e *Deputy* CEO di Acca Software SpA (www.acca.it). Uno dei maggiori produttori mondiali e *leader* italiano nella produzione di *software* e servizi per i settori dell'architettura e dell'ingegneria. Fornisce una *suite* di *software* in grado di affrontare i molteplici aspetti caratteristici del processo di progettazione, esecuzione e manutenzione delle costruzioni.

[2]Massimo Lauria, Professore Ordinario di Tecnologia dell'Architettura, è presidente di *Building Innovative Governance Srl*., *Spin-off* dell'Università Mediterranea di Reggio Calabria che, in coerenza alle istanze di crescita digitale del settore delle costruzioni, fornisce soluzioni nel campo dell'economia digitale e sviluppa azioni di R&D nel campo della governance dei patrimoni immobiliari. ACCA Software vi partecipa con il 25% del capitale sociale.

REFERENCES

Carayannis, E.G. and Campbell, D.F. (2012), *Mode 3 knowledge production in quadruple Helix innovation systems,* Springer, New York.

Commissione Europea (2014), Comunicazione 2014/C 198/01. *Disciplina degli aiuti di Stato a favore di ricerca, sviluppo e innovazione.*

Draghi, M. (2024), *Il rapporto sul futuro della competitività europea*, Camera dei deputati XIX Legislatura.

Etzkowitz H. and Leydesdorff L. (2000), "The dynamics of innovation: From national systems and 'Mode 2' to a triple helix of university–industry government relations" in *Research Policy,* Vol. 29.

Goddard, J. and Kempton, L. (2016), *The Civic University: Universities in leadership and management of place Technical Report.*

Montanari, T. (2025), *Libera università.* Einaudi, Torino.

Netval (2024), XIX Rapporto. *Ancora due velocità,* Available at: https://netval.it/rapporti-netval/rapporto-netval-2024.

organisations on the national and international scene must be supported. Only thus can the traditional distinctions between basic research, industrial research, experimental development and technology transfer be overcome by a unitary and systemic vision of the innovation process.
However, it would be wrong to consider this process as unidirectional. The exchange of knowledge must bring with it value and implications for university research by expanding the range of methodological tools made available to scholars and researchers. It is an exchange that is already renewing the normally adopted methods. Curiosity-driven and design-driven innovation approaches, the search for market-pull and technology-push solutions constitute not only new operational taxonomies, but new directions driven by calls for funding competitive research, taking the latter as an emerging objective of an integrated system of knowledge, skills and visions, and a product of the continuous interaction between science, industry, institutions and civil society.

NOTES

[1]Guido and Antonio Cianciulli are, respectively, CEO and Deputy CEO of Acca Software SpA (www.acca.it). Acca Software is one of the world's largest producers and Italian leaders in the development of software and services for the architecture and engineering sectors. It provides a suite of software capable of addressing the multiple aspects of the processes of design, execution and maintenance of constructions.

[2]Massimo Lauria, Full Professor of Architectural Technology, is president of Building Innovative Governance Srl, a Spin-off of the Mediterranean University of Reggio Calabria that, in line with the demands for digital growth in the construction sector, provides solutions in the field of digital economy, and develops R&D actions related to the governance of real estate assets. ACCA Software participates with 25% of the corporate capital.

IL TRASFERIMENTO TECNOLOGICO COME MOTORE DI INNOVAZIONE E CATALIZZATORE DI SVILUPPO PER LE AREE URBANE

Roberto Vona, https://orcid.org/0000-0002-4633-030X roberto.vona@unina.it
Nadia Di Paola, https://orcid.org/0000-0001-6466-1965 nadia.dipaola@unina.it
Silvia Cosimato, https://orcid.org/0000-0003-4243-8177 silvia.cosimato@unina.it
Dipartimento di Economia, Management, Istituzioni, Università degli Studi di Napoli Federico II, Italia

Abstract. Il presente contributo esplora il ruolo del trasferimento tecnologico nei processi di sviluppo di innovazione urbana, focalizzandosi sul contributo di attori istituzionali, accademici e industriali. Assumendo la prospettiva della "Tripla Elica" sono state analizzate le dinamiche collaborative che generano soluzioni innovative dedicate ad una migliore gestione e fruizione delle aree urbane. In ottica evolutiva e assumendo la prospettiva della Quadrupla Elica, il lavoro sottolinea, inoltre, l'importanza della partecipazione dei cittadini in ottica co-creativa all'interno dei cosiddetti *network* collaborativi che favoriscono l'innovazione, il benessere e la sostenibilità degli spazi urbani, possibile proprio in virtù del lavoro sinergico di attori istituzionali, accademici, industriali e sociali.

Parole chiave: Trasferimento tecnologico; Innovazione; Sviluppo urbano.

Introduzione

I processi di trasferimento tecnologico (TT) sono complessi poiché assumono caratteristiche differenti a seconda del contesto in cui si svolgono (Dorf *et al*., 2011). Tale complessità emerge anche dalle parole di Geoffrey Nicholson: «*Research transforms money into knowledge [...] technology transfer transforms knowledge into money*»[1]. Coerentemente, il TT è l'insieme di processi che sottendono l'applicazione di tecnologie note in ambiti nuovi o, più precisamente, il processo di trasmissione delle conoscenze generate da università, agenzie governative e istituzioni capace di creare conoscenza utile allo sviluppo di soluzioni innovative (Vona *et al*., 2015).

Il presente contributo indaga le relazioni tra gli attori coinvolti nei processi di creazione di conoscenza per l'attivazione di percorsi di TT. A tal fine, saranno descritte le modalità con cui tali processi innescano dinamiche innovative per il benessere delle popolazioni urbane. Si assumerà la prospettiva del modello della Tripla Elica (Etzkowitz and Leydesdorff, 2000), basato sulla collaborazione tra accademia, industria e istituzioni, per analizzare i meccanismi di TT per il design, lo sviluppo e la commercializzazione di innovazioni. Studi recenti mostrano che il *network* collaborativo nei casi di successo di TTO richiede un modello più articolato della Tripla Elica, ovvero quello della Quadrupla Elica (Carayannis and Campbell, 2009), basato sulle interazioni tra i tre gruppi di *stakeholder* citati e la società civile, attraverso cui co-creare innovazione. Tale modello suggerisce che la società civile svolge un ruolo specifico nello sviluppo scientifico-tecnologico e nelle politiche governative, supportando un approccio agile alle attuali sfide socio-economiche. L'inclusione dei fruitori nei processi innovativi permette di aumentare rilevanza, applicabilità e sostenibilità, ponendo, però, nuove sfide per gli *stakeholder*, che devono aprirsi all'integrazione di conoscenza esterna nei loro processi innovativi. Per le università, questo dipende dal capitale umano, dalle norme interne e dalla cultura organizzativa.

Il lavoro in oggetto analizza i processi di TT che contribuiscono al benessere urbano e i soggetti che li favoriscono (es., università, centri di ricerca, ecc.) assumendo una prospettiva olistica e multidimensionale (Di Paola *et al*., 2023). Si evidenzierà, in questo modo, come le logiche collaborative siano diventate principi guida nella governance e pianificazione urbana (Bragaglia, 2024), attivando meccanismi di (co)creazione di valore per lo sviluppo e la sostenibilità del benessere collettivo (Di Paola *et al*., 2024).

TECHNOLOGY TRANSFER AS A DRIVER OF INNOVATION AND CATALYST FOR THE DEVELOPMENT OF URBAN AREAS

Abstract. This contribution explores the role of technology transfer in urban innovation development, focusing on the contribution of institutional, academic, and industrial actors. Adopting the perspective of the Triple Helix, this paper analyses the collaborative dynamics that generate innovations dedicated to the management and use of urban areas. According to an evolutionary perspective and the perspective of the Quadruple Helix, this study also emphasises the importance of citizen participation in a co-creative context within the so-called collaborative networks that promote innovation, well-being, and the sustainability of urban spaces, which stem from the synergistic and collaborative activity of institutional, academic, industrial, and social actors.

Keywords: Technology transfer; Innovation; Urban development.

Introduction

Technology transfer processes are complex because they acquire different forms and characteristics, depending on the context in which they occur (Dorf *et al*., 2011). This complexity also emerges from Geoffrey Nicholson's statement: «Research transforms money into knowledge [...] technology transfer transforms knowledge into money»[1].

Technology transfer (TT) is related to the processes underlying the application of well-known technologies in new or innovative fields, or more precisely, the process of transmitting knowledge created by universities, governments, and institutions to create new knowledge for developing innovative solutions (Vona *et al*., 2015).

This study investigated the relationships between actors involved in knowledge creation for activating TT pathways. To this end, how these processes trigger innovative dynamics to boost the well-being of urban populations will be described. The perspective of the Triple Helix model (Etzkowitz and Leydesdorff, 2000), based on collaboration between universities, industries, and governments, is adopted to analyse TT mechanisms for designing, developing, and commercialising innovations. Recent studies show that the collaborative network to succeed in TT requires a more articulated model than the Triple Helix, or the Quadruple Helix (Carayannis and Campbell, 2009), based on interactions between the previous three groups of stakeholders and civil society to co-create innovation. This model suggests that society plays a specific role in scientific-technological development and government policies, supporting an agile approach to current

ISSN online: 2239-0243 | © 2025 Author(s) | http://www.fupress.com/techne | DOI: 10.36253/techne-18308
Open access, peer-reviewed article published by Firenze University Press (https://www.fupress.com) and distributed, except where otherwise noted, under the terms of the CC BY 4.0 License for content and CC0 1.0 Universal for metadata

Creazione di conoscenza nella prospettiva della Tripla Elica: il ruolo chiave per l'innovazione urbana

Per rispondere alle sfide degli attuali contesti socio-economici, i soggetti istituzionali, economici e sociali devono essere in grado di rinnovare il proprio bagaglio di conoscenza e competenze (Nonaka and Takeuchi, 1996). Tale necessità emerge poiché i meccanismi di creazione e condivisione della conoscenza fungono da "agenti di mediazione" capaci di stimolare processi innovativi, essenziali per favorire crescita e benessere. Tuttavia, è importante ricordare che gli input che portano alla creazione di conoscenza emergono non solo all'interno delle organizzazioni imprenditoriali, ma anche dalla collaborazione tra queste ultime e diverse entità esterne (es. istituzioni, professionisti, individui, ecc.). In tal senso, la capacità di stabilire interazioni collaborative può facilitare l'attivazione di dinamiche virtuose, nutrite da flussi informativi continui e multi-direzionali, che trovano terreno fertile nei cosiddetti network collaborativi. Le interazioni che legano gli attori di tali network sono uno dei meccanismi più promettenti per lo sviluppo condiviso di idee e soluzioni innovative.

Agli albori del XXI secolo, le dinamiche collaborative sono state riprese dal modello della Tripla Elica (Etzkowitz and Leydesdorff, 2000), che descrive le relazioni tra università, imprese e istituzioni e come la conoscenza favorisce l'innovazione. Lo sviluppo di tale modello è ispirato alle interazioni triadiche di Simmel che interpreta le interazioni sociali nei sistemi complessi (Capra and Luisi, 2014), come quelli urbani.

Il modello della Tripla Elica si basa su un processo di accelerazione attivato da attori diversi (università-industria-governo) in sistemi collaborativi votati all'innovazione. Il rafforzamento di questi sistemi potenzia la capacità innovativa dei partecipanti attraverso il trasferimento di conoscenza, come la condivisione di brevetti ed esperienze tecnico-professionali innovative. In tal senso, un ruolo essenziale è svolto dalle azioni di TT, ovvero i processi orientati a "trasferire" i risultati della ricerca scientifica e tecnologica al mercato e alla società. Si tratta della "movimentazione" di dati, progetti, invenzioni, materiali, software, conoscenza tecnica o segreti commerciali, guidata dalle procedure e dai valori dei soggetti coinvolti. Le università giocano un ruolo primario, poiché, oltre alla didattica e ricerca, sono impegnate nel trasferimento di conoscenza e tecnologia all'industria attraverso la "commercializzazione" di prodotti innovativi. Ciò accade poiché esse agiscono come infrastruttura per l'innovazione, favorendo il fluire di talento e risultati della ricerca da strutture specialistiche all'industria, ovvero organizzazioni imprenditoriali nate dalle tecnologie universitarie. In tali dinamiche sono coinvolti gli agenti istituzionali, ovvero i soggetti governativi che, a livello nazionale e locale, favoriscono i cambiamenti guidati dall'innovazione.

Focalizzandosi sulla dimensione urbana, l'azione degli attori governativi per l'innovazione è tesa a trasformare i processi di gestione urbana, tra cui la pianificazione territoriale e infrastrutturale, la progettazione delle aree verdi, e la definizione di politiche abitative.

Le dinamiche innovative e i meccanismi di coordinamento della Tripla Elica si caratterizzano per dinamiche *top-down* e *bottom-up* che conducono a ecosistemi innovativi. Ponendo l'accento sulle dinamiche *bottom-up*, la ricerca ha sviluppato il modello della Quadrupla Elica (Carayannis and Campbell

socioeconomic challenges. The inclusion of users in innovative processes increases relevance, applicability, and sustainability. It poses new challenges for stakeholders, who must open up to the integration of external knowledge in their innovative processes. For universities, this depends on human capital, internal rules, and organisational culture.

This study analyses the TT processes contributing to urban well-being, and the actors promoting them (e.g., universities and research centres), adopting a holistic and multidimensional perspective (Di Paola *et al*., 2023). A collaborative approach has thus become a guiding principle in urban governance and planning (Bragaglia, 2024), activating value (co)creation mechanisms for the development and sustainability of collective well-being (Di Paola *et al*., 2024).

Knowledge creation from the perspective of the Triple Helix: the key role for urban innovation

To respond to the challenges of current socioeconomic contexts, institutional, economic, and social actors must renew their knowledge and skills (Nonaka and Takeuchi, 1996). This is because of the ability of knowledge creation and sharing mechanisms to act as "mediation agents", which can stimulate innovative processes that are essential for promoting growth and well-being. However, the inputs that lead to the creation of new knowledge emerge not only within business organisations but also from the collaboration between the latter and different external entities (e.g., institutions, professionals, and individuals). In this sense, the establishment of collaborative interactions can activate virtuous dynamics nurtured by continuous and multi-directional information flows, which find fertile ground in collaborative networks. The interactions that bind the actors in these networks are one of the most promising mechanisms for the shared development of innovative ideas and solutions.

At the beginning of the 21st century, collaborative dynamics were taken up by the Triple Helix model (Etzkowitz and Leydesdorff, 2000), which describes the relationships between universities, industry, and government, and how knowledge promotes innovation. The development of this model was inspired by Simmel's triadic interactions dedicated to interpreting social interactions in complex systems (Capra and Luisi, 2014), such as urban interactions. The Triple Helix model is based on acceleration processes activated by different actors (university-industry-government) in collaborative systems dedicated to innovation. The strengthening of these systems enhances the innovative capacity of participants through knowledge transfer, such as the sharing of patents and innovative technical-professional experiences. In this sense, TT plays an essential role, e.g., the "transfer" of scientific and technological research results to the market and society. This is the "movement" of data, projects, inventions, materials, software, technical knowledge, or trade secrets, guided by the procedures and values of the involved actor.

Universities play a primary role because, together with teaching and research, they are engaged in knowledge and technology transfer to industry through the "commercialisation" of innovative products (Di Paola *et al*., 2023). This is possible because they act as infrastructure for innovation, boost-

01 | Modello della Tripla Elica dell'innovazione
Triple Helix Model of Innovation

02 | Ecosistema urbano dell'innovazione
Urban Innovation Ecosystem

| 01

2009), che aggiunge la società come quarto attore (Fig. 1), riconoscendole un ruolo essenziale nella generazione di conoscenza e innovazione attraverso dinamiche interattive e democratiche. I modelli basati su interazioni collaborative multiple favoriscono una migliore comprensione delle dinamiche virtuose che supportano la trasformazione dei flussi di conoscenza e rappresentano uno strumento utile per orientare le politiche di gestione locale e sviluppo urbano.

Un framework strategico per il trasferimento tecnologico dalle università al tessuto urbano

La natura collaborativa delle dinamiche della Quadrupla Elica è uno dei *driver* fondamentali degli ecosistemi dell'innovazione, che si sostanziano di un sistema ibrido costituito da diversi sub-sistemi o reti collaborative, in cui le interazioni tra gli attori (es., individui, gruppi, organizzazioni, istituzioni, ecc.) creano e diffondono conoscenza utile ad attivare processi innovativi.
Gli ecosistemi dell'innovazione (Fig. 2) sono caratterizzati da processi di coopetizione, co-evoluzione e co-specializzazione, essenziali per sviluppare innovazioni di diversa natura, tra cui innovazione urbana, ovvero nuovi processi, prodotti, servizi e tecnologie utili a rispondere alle problematiche urbane attuali e future (Li *et al*., 2023). Leggere tali ecosistemi alla luce del modello della Quadrupla Elica pone gli individui, qualificati nella loro dimensione di cittadini, al cuore delle dinamiche innovative che vi si verificano, soprattutto quando riguardano l'ambito urbano. È proprio la partecipazione dei cittadini nella co-produzione di soluzioni innovative che migliora il benessere socio-economico degli attori ecosistemici aggregati nelle macro-categorie alla base della Quadrupla Elica (governo, università, imprese, società). Lo sviluppo di nuova conoscenza è la principale attività svolta dai dipartimenti di Ricerca e Sviluppo (R&S) aziendale, che seguendo le logiche dell'innovazione aperta (*open innovation*), ha superato i confini aziendali (Chesbrough, 2017). Recentemente anche le università hanno iniziato ad assumere un ruolo rilevante nella promozione e gestione di processi di valorizzazione della conoscenza. Tale attore, infatti, ha subito una evoluzione del modello di business, che da orientato ad insegnamento, ricerca e diffusione della conoscenza, ha abbracciato la valorizzazione dei risultati della ricerca e l'imprenditorialità, al fine di supportare la crescita e il benessere locale (Marques *et al*., 2021). Le università hanno adottato un approccio più imprenditoriale, focalizzandosi su attività di brevettazione e ampliamento delle reti di business, attraverso la creazione di uffici di trasferimento tecnologico (TTO). Tuttavia, studi mostrano che non è la sola creazione di uffici specifici che basta per ottenere performance positive di tali attività. Al contrario, una buona performance è associata a modelli di business specifici dei TTO, legati allo sfruttamento di ricerca di alta qualità at-

| 02

ing the flow of talent and research results from specialised structures to industry, such as entrepreneurial organisations born from university technologies. Institutional agents are involved in these dynamics, that is, governmental subjects that promote innovation-driven changes at the national and local levels. Focusing on the urban dimension, the action of governmental actors in innovation is aimed at transforming urban management processes, including territorial and infrastructural planning, the design of green areas, and the definition of housing policies. The innovative dynamics and coordination mechanisms of the Triple Helix are characterised by top-down and bottom-up dynamics that lead to innovative ecosystems. Emphasising bottom-up dynamics, research has developed the Quadruple Helix (Carayannis and Campbell, 2009), which adds society as a fourth actor (Fig. 1), recognising its essential role in knowledge and innovation creation through interactive and democratic dynamics.
Models based on multiple collaborative interactions support a better understanding of the virtuous dynamics that boost the transformation of knowledge flows and represent a useful tool to guide local management and urban development policies.

A strategic framework for Technology Transfer from universities to the urban areas
The collaborative nature of the Quadruple Helix is one of the fundamental drivers of innovation ecosystems, which are hybrid systems made up of different subsystems or collaborative networks, in which interactions between the actors (e.g., individuals,

traverso la valorizzazione della proprietà intellettuale generata (modelli catalizzatori) e alla creazione di startup (modelli di orchestrazione) (Baglieri *et al*., 2018).

Esperienze di trasferimento tecnologico dalle università al tessuto urbano

Studi recenti mostrano che attraverso fondi e programmi dedicati, in particolare in tema di smart cities e pianificazione urbana, si possono indirizzare e stimolare processi innovativi e collaborativi in linea con i contesti locali.

Alcune esperienze dirette di trasferimento tecnologico, maturate nel contesto campano e nate in seno all'attività del Dipartimento di Economia, Management, Istituzioni (DEMI) dell'Università degli Studi di Napoli "Federico II", hanno mostrato in che modo le sinergie tra attori pubblici e privati dell'ecosistema dell'innovazione possono praticamente attivare meccanismi virtuosi. A tale proposito, già da un decennio, le sinergie e le partnership strategiche attivate dall'Università con altri attori chiave, come i Ministeri, le Camere di Commercio, le associazioni datoriali, le imprese più grandi o le fondazioni si sono concretizzate in diverse esperienze di accelerazione e pre-accelerazione d'impresa (tra le quali si ricorda il progetto *Tech Hub* sviluppato in partnership con la Camera di Commercio di Napoli e la Fondazione Banco di Napoli) che hanno coinvolto startup e *spin-off* del territorio, e aspiranti imprenditori. Grazie a queste iniziative, i partecipanti hanno beneficiato di percorsi multidisciplinari di accompagnamento all'imprenditorialità, hanno avuto accesso a reti professionali consolidate, e sono stati coinvolti in iniziative di promozione delle loro realtà aziendali finalizzate a creare connessioni con gli attori operativi in altri ecosistemi dell'imprenditorialità, come quello della Silicon Valley. Questo ha dimostrato che gli sforzi coordinati possono contribuire a creare un ambiente favorevole alla crescita imprenditoriale e allo sviluppo del territorio proprio grazie alla osmosi di conoscenze e competenze tra accademia, imprese e istituzioni.

Inoltre, un approccio emergente tende a valorizzare la disponibilità di spazi specifici e dedicati ad attivare le sinergie tra gli attori pubblici e privati all'interno di cui qui si dice. Il caso degli *Urban Living Labs*, in cui diversi attori urbani interagiscono per progettare, testare e apprendere dalle innovazioni socio-tecniche, si è rivelato efficace proprio nei contesti di rigenerazione urbana. Le reti di stakeholder e le attività di collaborazione si sono rivelate cruciali nella progettazione e realizzazione degli edifici a basse emissioni di carbonio, gravate da numerosi vincoli di diversa natura (Welege *et al*., 2024), o per la realizzazione di interventi di rinnovamento urbano, che richiedono meccanismi di governance collaborativa. L'azione congiunta dei diversi attori ha permesso di attivare meccanismi di *cross-feritilization* anche di tipo multidisciplinare che ha amplificato il potenziale delle soluzioni per le *smart cities* (Kuzior and Kuzior, 2020). A tal proposito, la letteratura descrive fenomeni di "piattaformizzazione" degli spazi urbani, generati dall'emergere di soluzioni tecnologiche digitali, che ridefiniscono l'attività urbana mediante nuove attività e modi di vivere lo spazio. Studi recenti hanno mostrato che questa dinamica plasma il contesto urbano producendo ricadute positive in termini di potenziale innovativo, sviluppo economico del territorio (Marchesani and Ceci, 2025) e inclusività, dando concretezza al modello della Quadrupla Elica.

groups, organisations, and institutions) create and disseminate useful knowledge to activate innovative processes. Innovation ecosystems (Fig. 2) are characterised by coopetition, co-evolution, and co-specialisation processes. They are essential for developing different innovations, including urban innovation, that is, new processes, products, services, and technologies that are useful to respond to current and future urban problems (Li *et al*., 2023). Reading these ecosystems according to the Quadruple Helix model places individuals as citizens at the core of their innovative dynamics, especially when they are concerned with urban areas.

It is the participation of citizens in the co-production of innovative solutions that improves the socio-economic well-being of the ecosystemic actors aggregated in the macro-categories at the core of the Quadruple Helix (government, university, businesses, society). The development of new knowledge is the main activity carried out by companies in Research and Development (R&S) departments. Following the rationale of open innovation, it has crossed corporate boundaries (Chesbrough, 2017). Recently, universities have also assumed an important role in promoting and managing value enhancement processes of knowledge. This actor has undergone an evolution of the business model, which from being oriented to teaching, research, and dissemination of knowledge, had shifted to highlighting the value of research results and entrepreneurship to support growth and local well-being (Marques *et al*., 2021). Universities have adopted a more entrepreneurial approach, focusing on patenting activities and expanding business networks through the creation of technology transfer offices (TTO). However, studies show that the mere creation of specific offices is not enough to obtain positive performance from these activities. Instead, good performance is associated with specific TTO business models, linked to the exploitation of high quality research by making the most of the intellectual property generated (catalyst models) and the creation of start-ups (orchestration models) (Baglieri *et al*., 2018).

Concrete experiences of Technology Transfer from universities to the urban system

Recent studies have shown that specific funds and programmes, especially when dedicated to smart cities and urban planning, boost innovative and collaborative processes in line with the needs of the local context.

Some specific experiences of TT, developed in the Campanian region and promoted by the Department of Economics, Management, Institutions (DEMI) of the "Federico II" University of Naples, have shown how the synergies between public and private actors of the local innovation ecosystem can activate virtuous mechanisms. For a decade now, the strategic partnerships activated by the University with other key actors, such as Ministries, Chambers of Commerce, employers' associations, large companies, or foundations, culminated in various experiences of business acceleration and pre-acceleration (e.g., *Tech Hub* project in partnership with the Chamber of Commerce of Naples and the Banco di Napoli Foundation) that have involved local start-ups, spin-offs, and aspiring entrepreneurs. Thanks to these initiatives, the participants benefitted from

NOTE

[1]https://knowledge4policy.ec.europa.eu/technology-transfer/what-technology-transfer_en?language_content_entity=en

REFERENCES

Baglieri, D., Baldi, F. and Tucci, C.L. (2018), "University technology transfer office business models: One size does not fit all", *Technovation*, Vol. 76, pp. 51-63. Available at: https://doi.org/10.1016/j.technovation.2018.05.003

Bragaglia, F. (2024), "The University and the Neighbourhood – Opportunities and Limits in Promoting Social Innovation: The Case of Aurora-LAB in Turin", *Sustainability*, Vol.16, n. 2, p. 829. Available at: https://doi.org/10.3390/su16020829

Byers, T.H., Dorf, R.C., Nelson, A.J. and Vona, R. (2011), *Technology Ventures. Management dell'imprenditorialità e dell'innovazione*, McGraw-Hill.

Capra, F. and Luisi, P.L. (2014), *The systems view of life: A unifying vision*, Cambridge University Press.

Carayannis, E.G. and Campbell, D.F. (2009), "Mode 3'and'Quadruple Helix': toward a 21st century fractal innovation ecosystem", *International journal of technology management*, Vol. 46, pp. 201-234. Available at: https://doi.org/10.1504/IJTM.2009.023374

Chesbrough, H. (2017), "The future of open innovation: The future of open innovation is more extensive, more collaborative, and more engaged with a wider variety of participants", *Research-Technology Management*, Vol. 60, n. 1, pp.35-38. Available at: https://doi.org/10.1080/08956308.2017.1255054

Di Paola, N., Cosimato, S. and Vona, R. (2024), "Digital social innovation: how healthcare ecosystems face Covid-19 challenges", *Technology Analysis & Strategic Management*, Vol. 36, n. 8, pp.1763-1778. Available at: https://doi.org/10.1080/09537325.2022.2111117

Di Paola, N., Meglio, O. and Vona, R. (2023), "Entrepreneurship education in entrepreneurship laboratories", *The International Journal of Management Education*, Vol. 21, n. 2, p.100793. Available at: https://doi.org/10.1016/j.ijme.2023.100793

Etzkowitz, H. and Leydesdorff, L. (2000), "The dynamics of innovation: from National Systems and "Mode 2" to a Triple Helix of university–industry–government relations", *Research policy*, Vol. 29, n. 2, pp.109-123. Available at: https://doi.org/10.1016/S0048-7333(99)00055-4

Houari, F.E. and Fakhreddine, M.O.I. (2024), "Determinants of knowledge transfer activities among university researchers: a systematic review", *Journal of Science and Technology Policy Management*, *ahead-of-print*(ahead-of-print).

Kuzior, A., and Kuzior, P. (2020), "The Quadruple Helix Model as a Smart City Design Principle", *Virtual Economics*, Vol.3, n.1, pp.39-57. Available at: https://doi.org/10.34021/ve.2020.03.01(2)

Li, Z., Chen, H. and Mo, B. (2023), "Can digital finance promote urban innovation? Evidence from China", *Borsa Istanbul Review*, Vol.23, n.2, pp.285-296. Available at: https://doi.org/10.1016/j.bir.2022.10.006

Marchesani, F. and Ceci, F. (2025), "A quadruple helix view on smart city: Exploring the effect of internal and external open innovation on public services digitalization", *Technovation*, Vol. 139, p.103141. Available at: https://doi.org/10.1016/j.technovation.2024.103141

Nonaka, L., Takeuchi, H., and Umemoto, K. (1996), "A theory of organizational knowledge creation", *International Journal of Technology Management*, Vol.11, pp.833-845. Available at: https://doi.org/10.1504/IJTM.1996.025472

Vona, R., Di Paola, N., and Caroppo, L. (2015), "Technology venturing and universities: A key driver for sustainable development" in *2015 AEIT International Annual Conference*, pp. 1-6. IEEE.

multidisciplinary entrepreneurship support programmes, joined consolidated professional networks, and were involved in initiatives to promote their business, cooperating with actors operating in other entrepreneurship ecosystems, such as those coming from Silicon Valley. This demonstrated that coordinated efforts can create a favourable environment for entrepreneurial growth and urban development through the osmosis of knowledge and skills between academia, business, institutions, and even people.

An emerging approach involves the activation of synergies between the initiatives of public and private actors within dedicated spaces. Urban Living Labs, in which different urban actors interact to design, test, and learn from socio-technical innovations, have proven effective in urban regeneration contexts. Stakeholder networks and collaboration activities are crucial in the design and construction of low-emission buildings, burdened by numerous constraints of various types (Welege *et al*., 2024), or for the implementation of urban renewal interventions, which require collaborative governance mechanisms. The joint action of various actors has made it possible to activate cross-fertilisation mechanisms, including multidisciplinary ones, thus amplifying the potential of solutions for smart cities (Kuzior and Kuzior, 2020). In this regard, the literature describes phenomena of "platformisation" of urban spaces, generated by the emergence of digital technological solutions, which redefine urban activity through new activities and ways of experiencing space. Recent studies have shown that these dynamics shape the urban context, producing positive effects in terms of innovative potential, economic development of the territory (Marchesani and Ceci, 2025), and inclusiveness, giving concreteness to the Quadruple Helix model.

NOTE

[1]https://knowledge4policy.ec.europa.eu/technology-transfer/what-technology-transfer_en?language_content_entity=en

Andrea Pitasi, https://orcid.org/0000-0003-3195-7502 andrea.pitasi@unich.it
Dipartimento di Studi Economici, Gestionali e Statistici, Università degli Studi "G. d'Annunzio", Chieti-Pescara, Italia

Abstract. Nella terza missione (TM) la specificità di contenuto, una volta avvenuta la validazione scientifica attraverso la ricerca, è di scarsa importanza per cui il trasferimento tecnologico (TT) e il *public engagement* (PE) in ambiti diversissimi potrebbero, con altissima probabilità, essere molto simili nella forma, nel processo e nei media utilizzati. L'autentica differenza tra PE e TT è che il primo punta a ridurre il più possibile l'ignoranza sterile, il secondo investe là dove l'ignoranza feconda apre orizzonti. È bene avere un quadro dello scenario complessivo del modello sistemico (*aka* "capitalismo accademico") in cui si collocano le tre missioni entro la terza delle quali s'inserisce il TT. Senza questo quadro il rischio di una proletarizzazione dello studioso entro un processo di cui ignora le fasi a monte e a valle sarebbe alto.

Parole chiave: Trasferimento tecnologico; *Public Engagement*; *Knowledge and Wealth Flow* (KWF).

Prologo e scenario del TT Il modello a tre missioni originario di Slaughter – Leslie-Rhoades (modello SLR, Slaughter and Leslie, 1999; Slaughter and Rhoades, 2009) apre il dibattito sul "capitalismo accademico"[1]. Tuttavia, questo modello SLR era troppo *market oriented* e ben presto fu soppiantato dal modello sistemico a elica multipla di Leydesdorff (1995; 2006) spostando il focus da un'università *client centered* ad un'università connessa in modo non lineare con interlocutori non accademici. Il modello originario considerava prima missione la didattica, la ricerca come seconda e la TM come ogni servizio e prodotto di apertura del mondo accademico al mondo non accademico. Al dibattito sul futuro dell'Università, oltre agli accademici partecipano spesso politici, imprenditori, *manager*, *policy makers*, giornalisti – come legittimo – ma anche solo l'uso di semantiche differenti ha generato equivoci. Si vedrà di evitarli focalizzando sul TT del progettista alla società in un processo di creazione denominato *Knowledge and Wealth Flow* (KWF), certamente non l'unico processo possibile, ma probabilmente uno dei pochi in grado di cogliere la complessità del processo di creazione di valore del TT entro il modello a tre missioni in elica multipla. Un passaggio fondamentale per cogliere il processo di creazione del valore è comprendere che i contenuti sono in funzione dei processi, dei format e dei media per cui nel PE o nel TT di costruzione del *know who* (*brand value*) e *know how* alla fin dei conti prodotti di ricerca di discipline differenti è probabile sfocino nel medesimo format e medium. Insomma, specificità e specializzazione nella TM in generale nel TT in particolare, non funzionano granché. Prima e seconda missione sono così formulate in ossequio alla tradizione medievale ma, oggigiorno affinché il modello funzioni andrebbero invertite: Didattica=(f) Ricerca altrimenti la deriva da "esamificio" è in agguato. Un magistero efficace oggigiorno è anche un incubatore "imprenditoriale" (Audretsch, 2006) e un generatore di valore intangibile, ad esempio, attraverso la proprietà intellettuale giocando su scala globale e cosmopolitica.

L'internazionalizzazione, ne consegue, è una funzione trasversale delle tre e la TM include tutto ciò che l'Università crea e sviluppa, promuove e divulga a beneficio del mondo non accademico per cui, come vuole la logica formale, la TM è una classe che può avere N sottoclassi, ma che non permette una quarta classe sua pari. Di conseguenza, il professore diventa figura potenzialmente a impatto cosmopolita e globale, arricchitosi di strumenti imprenditoriali, manageriali e comunicativi.

Il TT e il PE richiedono entrambi *eduinfotainment* (*education* + *information* + *entertainment*) e un abbattimento dei costi organizzativi e riduzione allo stretto necessario delle intermediazio-

TECHNOLOGICAL TRANSFER AS CASH VALUE

Abstract. In the third mission (TM), once scientific validation through research has taken place, content specificity is of little importance so that technology transfer (TT) and public engagement (PE) in very different fields could, with very high probability, be similar in form, process and media used. The real difference between PE and TT is that the former aims to reduce sterile ignorance as much as possible, while the latter invests where fruitful ignorance opens horizons. It is good to have a view of the overall scenario of the systemic model (aka "academic capitalism") in which the three missions are placed. TT fits into the third one. Without this overview, the risk of a proletarianisation of the scholar would be high within a process, whose upstream and downstream stages he or she ignores.

Keywords: Technological Transfer; Public Engagement; Knowledge and Wealth Flow (KWF).

TT prologue and scenario
The original three-mission model of Slaughter – Leslie-Rhoades (SLR model, Slaughter and Leslie, 1999; Slaughter and Rhoades, 2009) opened the debate on "academic capitalism"[1]. However, this SLR model was too market-oriented and was soon overwhelmed by Leydesdorff's (1995; 2006) multiple helix systemic model by shifting the focus from a client-centred university to one that is not linearly connected with non-academic stakeholders such as institutions, not-for-profit organisations and business ones. The original model regarded teaching as first mission, research as second, and TM, which comprises every service and product opening academia to the non-academic world. In the debate on the future of the university, in addition to academics, politicians, entrepreneurs, managers, policy makers and journalists often participate, as legitimate. Even just the use of different semantics has generated misunderstandings. They will be avoided by focusing on the TT of the designer to society in a creation process called Knowledge and Wealth Flow (KWF). It is certainly not the only possible process, but probably one of the few that can capture the complexity of the TT value creation process within the three-mission multiple helix model. A key step in capturing the value creation process is to understand that content is a function of processes, formats and media. Hence, in PE or in the TT construction of know who (brand value) and know how, at the end of the day research products from different disciplines are likely to flow into the same format and medium. In short, specificity and specialisation in TM in general, and in TT in particular, do not work much.

ISSN online: 2239-0243 | © 2025 Author(s) | http://www.fupress.com/techne | DOI: 10.36253/techne-18311
Open access, peer-reviewed article published by Firenze University Press (https://www.fupress.com) and distributed, except where otherwise noted, under the terms of the CC BY 4.0 License for content and CC0 1.0 Universal for metadata

ni: high tech/high touch. Altrimenti il TT e il PE sono vani. Ciò significa inserire nella TM strumenti e competenze di sceneggiatura, regia, management e imprenditorialità, essendo a quel punto in grado di interagire ad ogni fase del processo KWF col suo "maggiordomo" *Value Leap Flow* (VLF), che dalla seconda missione crea gemmazioni, sia per la prima, sia per la terza.

La posta in gioco del TT

La posta in gioco qui è triplice per approdare ad un efficace TT:

1. Collocarlo entro un quadro strategico ad elica multipla sistemico-imprenditoriale e non pensarlo come una mera forma di apertura al mercato.

Sin da Leslie, Rhodes e Slaughter, il concetto di università *market oriented* è stato spesso equivocato (Ferone, 2013). Un'università che seguisse la domanda ben presto imploderebbe dato che i suoi processi funzionali s'incepperebbero riproducendo solo una minima parte delle loro potenzialità. In sostanza, dei vari strumenti di TT sono sconsigliati quelli che richiedono all'università una funzione di fornitore esterno, una sorta di "operaio specializzato" dell'economia della conoscenza destinato a dissolversi nel cognitariato (Pitasi and Ferone 2008). Un modello di università *market oriented* che trasforma l'esterno in clienti potenziali (*prospect students* inclusi!) è un modello perdente perché distrugge il proprio valore semplicemente dedicandosi a negoziare sui prezzi ed è un modello ben diverso da uno *knowledge investment centered* che si allinea con istituzioni pubbliche, fondazioni e/o grandi imprese in partnership gemmando nuovi spin off imprenditoriali, basate sulla ricerca per creare leva e scala nonché un vantaggio posizionale sulla proprietà intellettuale.

2. Tenere presente che i flussi sono sistemici e 24/7 (Toeffler and Toeffler, 2010), per cui la logica gestionale del "mansionario" non paga perché qualcuno in qualche parte del mondo a qualsiasi ora potrebbe aver bisogno di assistenza per implementare o usare un output dello spin off. Gli individui riposano, i sistemi no.
3. Il TT valorizza l'ignoranza feconda, si disinteressa all'ignoranza sterile che è invece target del PE di qualità. Il distinguo (Merton, 2016) è così formalizzato: l'ignoranza sterile è quel tipo di ignoranza che là dove non vi è conoscenza (non si sa, o non si sa ancora) non regge l'impatto cognitivo e percettivo col "buco" e subito lo riempie con credenze, opinioni, giudizi di valore, illusioni o paure. Insomma, nulla che sia conoscenza e che anzi rendono meno fluido lo scorrere e lo sviluppo di idee, progetti e nuova conoscenza. Ne "L'uomo e la gente" Ortega y Gasset (1996) scrive nitidamente: «Buona parte delle ansietà dell'attuale momento storico derivano dalla mancanza di chiarezza sui problemi da risolvere» (Ortega y Gasset, 1996). Come fare chiarezza? Ortega y Gasset si era rivolto alla sociologia ma con esiti perlomeno discutibili, deludenti: «È passato tanto tempo ma non dimenticherò mai la sorpresa, mista a vergogna e stupore, che ho provato quando, conscio della mia ignoranza, mi sono indirizzato, pieno di speranza e di illusioni, ai libri di sociologia. Ho scoperto una cosa incredibile: quei libri non dicono nulla di chiaro sul sociale, su ciò che è la società» (Ortega y Gasset, 1996).

Decenni dopo, Merton avrebbe definito il tipo di ignoranza orteghiana come ignoranza feconda (Merton, 2016) e Dahrendorf (1993) avrebbe poi chiarito diverse cose introducendo la distinzione tra *Lebensfragen* e *Theorienproblemen* che a sua volta, grottescamente, avrebbe creato nuove nebulosità tra i

First and second missions are thus shaped in deference to the medieval tradition but, nowadays, for the model to work they should be reversed: Teaching=(f) Research otherwise the drift from "hexamancy" lurks in the background. These days, an effective magisterium is also an "entrepreneurial" incubator (Audretsch, 2006) and a generator of intangible value, for example, through intellectual property playing on a global and cosmopolitan scale.

It follows that internationalisation is a cross-cutting function of the three, and TM includes all that the University creates and develops, promotes and disseminates for the benefit of the non-academic world so that, as formal rationale dictates, TM is a class that can have N subclasses, but that does not allow a fourth class to be its equal. As a result, the professor becomes a potentially cosmopolitan and global impact figure, enriched with entrepreneurial, managerial and communicative tools.

TT and PE both require *eduinfotainment* (education+information+entertainment) and a lowering of organisational costs, and the reduction to the bare minimum of intermediaries: high tech/high touch. Otherwise TT and PE are in vain. This means incorporating scripting, directing, management and entrepreneurship tools and skills into TM, which is, at that point, able to interact at each stage of the KWF process with its "butler" Value Leap Flow (VLF), which from the second mission creates gems for the first and third.

The stakes of TT

The stakes hereby are threefold to land an effective TT:

1. Placing it within a systemic-entrepreneurial multiple-helix strategic framework and not thinking of it as a mere form of opening to the market.

Ever since Leslie, Rhodes and Slaughter, the concept of a market-oriented university has often been misunderstood (Ferone, 2013). A university that followed demand would soon implode since its functional processes would jam by reproducing only a fraction of their potential. In essence, of the various TT tools, those that require the university to function as an external supplier, a kind of "skilled worker" in the knowledge economy destined to dissolve into cognitariatism are discouraged (Pitasi and Ferone, 2008). A market-oriented university model that turns outsiders into potential customers (prospective students included!) is a losing model because it destroys its own value by simply devoting itself to negotiating prices. It is a far different model from a knowledge investment-centred one that aligns itself with public institutions, foundations and/or large corporations in partnerships by generating new entrepreneurial, research-based spin offs to create leverage and scale as well as a positional advantage over intellectual property.

2. Keep in mind that flows are systemic and 24/7 (Toeffler and Toeffler, 2010), so the management rationale of "job description" does not pay because someone in the world at any hour may need assistance to implement or use a spin-off output. Individuals rest, systems do not.
3. TT values fruitful ignorance. It disregards sterile ignorance, which is, instead, the target of qualitative PE. The distinction (Merton, 2016) is formalised as follows: ignorance is the kind of ignorance that where there is no knowledge (one does not know, or does not yet know) does not hold the

non addetti ai lavori. Le *Lebensfragen* sono le domande decisive che riguardano la vita dell'individuo e della nostra specie tutta, se non addirittura dell'intero pianeta e dell'universo e ogni scienza concorre a cercare risposte entro i propri modelli teorici, paradigmi, metodi, etc., sui quali genera, nel migliore dei casi, i *Theorienproblemen* – tutti interni alla disciplina e al suo dialogo con le discipline affini. *Theorienproblemen* che magari sono decisivi "dietro le quinte", ma che interessano i destinatari ultimi solo a livello di *Lebensfragen*. I primi guidano la ricerca, i secondi invece orientano un TT efficace. Si individua un buco in un campo strategico, s'investe in ricerca e in un TT vincente creando rendite passive, non solo finanziarie, dal vantaggio del *prime mover* nell'aver individuato il buco.

Dal Teorema di Thomas al Principio di Grice: la funzione strategica del KWF

Il teorema di Thomas sostiene che se qualcosa è ritenuto socialmente vero, la gente si comporterà come se lo fosse finché non si realizzerà davvero come "profezia che si autoavvera" (Merton, 1958). Potenza delle credenze, delle superstizioni, delle paure e delle speranze, nessuna delle quali tuttavia è conoscenza (tantomeno) strategica, valida e processualmente trasferibile. Il principio di Grice sostiene che il linguaggio dotato di senso genera incremento conoscitivo, diversamente è irrilevante small talk.

Il passaggio centrale qui è fra visione del trasferimento della ricerca come *know who* e *know how* evidenziando come le effettive ricadute sociali ed economiche sull'ambiente costruito e sulle sue comunità abbiano necessità anche di indagare cosa e dove davvero trasferire sui territori e soprattutto i perché, affinché si possa parlare di un reale ed efficace trasferimento di conoscenze e ricerca. In sostanza, anche per evitare i suddetti equivoci, ne scaturisce un altro processo, in nove steps: il *Value Leap Flow* (VLF).

1. Si tratta di processi;
2. una sovrapposizione frammentata e dispersiva aumenta i costi transazionali e l'inefficienza, non crea valore;
3. il valore si crea avendo una visione sistemica che dalla singola ricerca genera TT e/o PE;
4. molteplici forme di TT attraverso molteplici forme;
5. progettare senza un adeguato project management di processo è vano;
6. non pensare di star trasferendo contenuti, si stanno trasferendo codici simbolici anche attraverso differenti media, format e stili di *eduinfotainment* e diversi media;
7. il TT che funziona incrementa il portafoglio di proprietà intellettuale e le rendite passive per il singolo esperto e/o l'Ateneo;
8. la creazione di valore è una costruzione (in una convergenza sociale, simbolica, economico-finanziaria e di incremento conoscitivo innovativo) che non viene creata dalla sola domanda ma che certamente non è solo un'oggettivazione scientifica;
9. TT e PE sono profondamente interconnessi nel doversi costantemente confrontare con credenze, comportamenti e double standards, come ad esempio nel sedicesimo SDG dell'agenda 2030 o nelle esigenze egtc dell'Unione europea, e puntare con lungimiranza imprenditoriale su forme giuridiche che creino hubs, convergenza e concentrazione con effetti di leva e scala e che allineino istituzioni pubbliche,

cognitive and perceptual impact with the "gap" and immediately fills it with beliefs, opinions, value judgments, illusions or fears. In short, nothing that is knowledge. They make the flow and development of ideas, projects and new knowledge less smooth. In "Man and People", Ortega y Gasset (1996) wisely writes, «Much of the anxieties of the present historical moment stem from the lack of clarity about the problems to be solved» (Ortega y Gasset, 1996). How to provide clarity? Ortega y Gasset had resorted to sociology but with at least questionable, disappointing results: «It's been a long time but I will never forget the surprise, mixed with shame and astonishment, that I felt when, aware of my ignorance, I turned, full of hope and illusions, to sociology books. I discovered something incredible: those books say nothing clear about the social, about what society is» (Ortega y Gasset, 1996).

Decades later, Merton would define the Ortegian type of ignorance as fruitful ignorance (Merton, 2016), and Dahrendorf (1993) would later clarify several things by introducing the distinction between Lebensfragen and Theorienproblemen, which would, in turn, grotesquely create new nebulousness among the uninitiated. Lebensfragen are the decisive questions that affect the life of the individual and our entire species, if not the entire planet and universe. Each science concurs to seek answers within its own theoretical models, paradigms, methods, etc., on which it generates, at best, Theorienproblemen-all internal to discipline and its dialogue with related disciplines. Theorienproblemen are, perhaps, decisive "behind the scenes," but affect the ultimate recipients only at the level of Lebensfragen. The former guide research, while the latter guide effective TT. One identifies a gap in a strategic field, invests in research and in a winning TT by creating passive rents, not only financial, from the prime mover's advantage in having identified the gap.

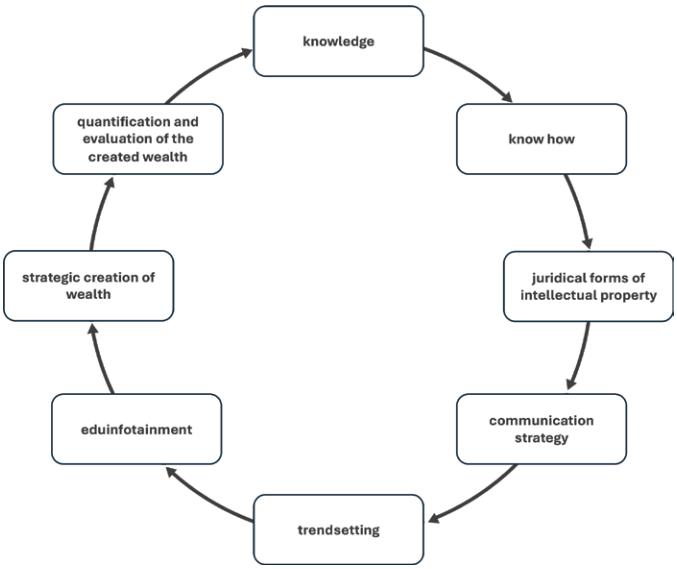
From Thomas' Theorem to Grice's Principle: the strategic function of the KWF

Thomas' theorem holds that, if something is believed to be socially true, people will act as if it were, until it actually comes true as a "self-fulfilling prophecy" (Merton, 1958). Power of beliefs, superstitions, fears and hopes, none of which is (much less) strategic, valid and process-transferable knowledge. Grice's principle holds that language endowed with meaning generates cognitive augmentation, otherwise it is irrelevant small talk.

The central shift here is between viewing research transfer as know who and know how highlighting how the actual social and economic impacts on the built environment and its communities also need to investigate what and where to really transfer to the territories and, especially, the whys, so that we can speak of a real and effective transfer of knowledge and research. In essence, also to avoid the aforementioned misunderstandings, another process, in nine steps, emerges: the Value Leap Flow (VLF).

1. These are processes;
2. fragmented and dispersed overlap increases transactional costs and inefficiency and does not create value;
3. value is created by having a systemic view that from individual research generates TT and/or PE;

01 | Visione d'insieme del KWF. Fonte: Pitasi and Ferone (2008), pp. 131-132; Pitasi (2010), pp. 174-176
Overview of the KWF (Source: Pitasi-Ferone, 2008: 131-132, Pitasi, 2010: 174-176)



società di business e organizzazioni no profit su scala transnazionale, generando complessità cosmopolitica dalla quale emergono le forme di creazione di valore su ampia scala.

Il KWF in sintesi

Trattandosi di un processo circolare a crescente e ricorsivo livello di astrazione, il KWF può essere ipoteticamente osservato da uno qualunque dei suoi steps o passaggi (Fig. 1) ma è più strategico e pratico iniziare da:

1. Conoscenza disponibile in una data società, economia, organizzazione o comunità purché abbastanza formalizzata da poter essere sottoposta ad osservazione riproducibile. Tale conoscenza al netto di credenze, opinioni, miti, ideologie è subordinata ad un criterio di viabilità funzionale[2]. Qui tra un'inconoscibile verità ontologica e la credenza popolare che si possa fare scienza e scienza applicata "a maggioranza politica" c'è, appunto, la viabilità evolutivo-funzionale.
2. Procedure di *know how*. Se è conoscenza viabile, è trasformabile con relativa facilità in procedure di *know how* utilizzabili con relativa accessibilità per un pubblico di utenti ben più vasto di quello dei progettisti della procedura stessa. Esse possono essere rese fruibili attraverso molteplici supporti, formati e media come *software*, *app*, video, ecc.
3. Portafoglio di proprietà intellettuale. Tali supporti diventano entropici, dissipativi se non sono formalizzati in un portafoglio di proprietà intellettuale e di proprietà scalare dell'organizzazione (ad esempio *spin off*). Una licenza concessa gratuitamente distingue comunque nitidamente le parti mentre, se qualcosa è di tutti e al contempo di nessuno non si trasforma in ricchezza formalizzata (De Soto, 2001), pertanto la formalizzazione giuridica del capitale è la premessa della costruzione di ricchezza.
4. Strategia di comunicazione e
5. *trendsetting* giocano un ruolo decisivo nell'impatto sociale del TT: definire un piano di comunicazione strategica attraverso analisi di scenario, obiettivi, *target analysis*, scelta dei contenuti e degli strumenti nonché delle metodiche per valutare in progress e a valle l'impatto effettivo è importantissimo, ma potrebbe rivelarsi inefficace senza un adeguato *trendsetting* in cui descrizione, scoperta ed invenzione s'intrecciano indissolubilmente. Quando si trasferisce conoscenza "tecnologica" (Foucault, 1992) se ci si rivolge all'opinione pubblica *tout court* si rischia di finire impantanati nella palude dell'ignoranza sterile contro la quale invece si batte il PE, mentre il TT, investendo sui "buchi" dell'ignoranza feconda e circostanziata, si trova a modellare il proprio target ideale un poco come fanno gradi romanzieri che

4. multiple forms of TT through multiple forms;
5. designing without proper process project management is futile;
6. do not think you are transferring content, you are also transferring symbolic codes through different media, formats and styles of eduinfotainment and different media;
7. TT that works increases the intellectual property portfolio and passive rents for the individual expert and/or the University;
8. value creation is a construction (in a social, symbolic, economic-financial and innovative cognitive augmentation convergence) that is not created by demand alone but is certainly not just scientific objectification;
9. TT and PE are profoundly intertwined in having to constantly compare beliefs, behaviours and double

standards, such as in the 16th SDG of the 2030 agenda or in the egtc requirements of the European Union, aiming with entrepreneurial foresight at legal forms that create hubs, convergence and concentration with leverage and scale effects, and that align public institutions, business corporations and non-profit organisations on a transnational scale, generating cosmopolitan complexity from which the forms of large-scale value creation emerge.

The KWF at a glance

Since it is a circular process with an increasing and recursive level of abstraction, the KWF can hypothetically be observed from any of its steps or passages (Fig. 1) but it is more strategic and practical to start from:

1. Knowledge available in a given society, economy, organisation or community as long as it is formalised enough to be subject to reproducible observation. Such knowledge net of beliefs, opinions, myths and ideologies is subject to a criterion of functional viability[2]. Here between an unknowable ontological truth and the popular belief that science and applied science can be done "by political majority" there is, precisely, evolutionary-functional viability.
2. Know-how procedures. If it is viable knowledge, it is relatively easily transformed into usable knowhow procedures with relative accessibility for a user audience far wider than the designers of the procedure itself. They can be made usable through multiple media, formats and media such as software, apps, videos, etc.
3. Intellectual property portfolio. Such media become entropic, dissipative if they are not formalised into a portfolio of intellectual property and scalar ownership of the organisation (e.g., spin-offs). A freely granted license still sharply distinguishes the parties whereas, if something is everybody's and nobody's at the same time, it is not transformed into formalised wealth (De Soto, 2001), so the legal formalisation of capital is the premise of wealth construction.
4. Communication strategy and
5. trendsetting play a decisive role in the social impact of TT. Defining a strategic communication plan through scenario analysis, objectives, target analysis, choice content and tools, as well as methods to evaluate progress and downstream the actual impact is very important, but could prove ineffective without adequate trendsetting in which description, discovery and invention

non si rivolgono a un pubblico quanto piuttosto, lo creano (Eco, 2023).

6. *Eduinfotainment*. Tale modellizzazione avviene anche attraverso un ciclo di diffusione dell'innovazione ispirato allo stile *eduinfotainment* ciclo e stile sviluppati da Everett M. Rogers (1956; 2003). *Edunfotainment* significa avvalersi di forme agili, attraenti, divertenti per rendere accessibili conoscenze viabili ad un pubblico che altrimenti non vi saprebbe arrivare.
7. Valutazione e 8. Modellizzazione. Chiudono il processo circolare la valutazione e modellizzazione della ricchezza prodotta e la costruzione strategica della ricchezza. Il settimo step si avvale di strumenti standard riconosciuti pressoché universalmente, come ad esempio quelli per la valutazione del valore di un marchio mentre l'ottavo passaggio conferisce "valore contante" o *cashvalue* (James, 1994) alla nuova conoscenza che dunque si collocherà in 1, al posto di quella che il processo circolare avrà contestualmente reso obsoleta. E da lì, la giostra ricomincia.

Epilogo

La mentalità dei 'riassuntini' viene impietosamente descritta, (e un poco derisa), da Umberto Eco (Eco, 1980) nel personaggio di Jorge da Burgos il cui invito a non fare ricerca e a limitarsi a sublimi ricapitolazioni si rivela un tentativo di occultare possibili incrementi conoscitivi dietro a certezze fittizie e meramente convenzionali. Attenzione però: ogni disciplina ha i propri esperti nella storia della disciplina stessa e la storia di una disciplina merita rispetto e i lavori storici, se di qualità, non sono certo 'riassuntini'. Il problema subentra quando però si vuole presentare come teorico (e magari pure innovativo) un lavoro in sé storico. Le discipline in grado di creare maggior valore aggiunto strategico attraverso i propri paradigmi onorano i giganti del proprio passato intitolandogli leggi, principi, modelli, teoremi e formule salvo poi tirare dritto verso il futuro mentre quelle pre-paradigmatiche si cullano nel proprio passato.

Analogamente, il lettore esperto e "l'ignorante fecondo" vorranno, ad esempio, approfondire i concetti, i principi e i metodi di Frank Lloyd Wright mentre l'ignorante sterile si appassionerà a Frank Lloyd Wright in base ai *gossip* e alla versione "*soap opera*" di biografie romanzate ad arte. La creazione del valore richiede apposite forme giuridiche (societarie, commerciali e di proprietà intellettuale, ad esempio) ma non tutte le forme giuridiche creano valore.

Come distinguerle? Le forme che creano valore aggiunto creano standard globali (o una casa è ecologica o non lo è). Le forme giuridiche che creano valore aggiunto hanno la caratteristica dell'universalità, dell'apertura, dell'unificazione; quelle che distruggono o, perlomeno, non creano valore sono di chiusura antropologica, localizzano e soggettivizzano secondo lo schema primitivo che ciò che nasce sotto il proprio campanile è di qualità tutto il resto no e se ogni campanile si pone così, la distruzione di valore è inevitabile per assenza di scala, leva, generalizzabilitá empirica, riproducibilità scientifico-tecnico-tecnologica.

Lo studioso dedito alla TM in generale e al TT in particolare, è tenuto ad evitare due opposte derive: una l'eccesso di pseudo-intellettualismo che rende dibattiti e conversazioni fini a sé stessi come se una convenzione linguistica e semantica potesse falsificare un principio scientifico (Sokal and Bricmont, 2011),

are inextricably intertwined. When transferring "technological" knowledge (Foucault, 1992), if one resorts to public opinion tout court, one runs the risk of ending up mired in the swamp of sterile ignorance against which the EP fights, while the TT, by investing in the "gaps" of fecund and circumstantial ignorance, finds itself shaping its ideal target audience, as novelists who do not address an audience so much as, rather, create it (Eco, 2023).

6. Eduinfotainment. This modeling is also done through an innovation diffusion cycle inspired by the eduinfotainment cycle and style developed by Everett M. Rogers (1956; 2003). Edunfotainment means making use agile, attractive, entertaining forms to make viable knowledge accessible to an audience that would otherwise not know how to get there.
7. Evaluation and 8. Modelling. The circular process is closed by the evaluation and modelling of wealth produced, and the strategic construction of wealth. The seventh step makes use of standard tools that are almost universally recognised, such as those for assessing the value of a brand, while the eighth step confers "cash value" or cashvalue (James, 1994) on the new knowledge that will, therefore, be placed in 1, in place of that which the circular process will have contextually rendered obsolete. The merry-go-round begins again from there.

Epilogue

The mentality of 'summaries' is mercilessly described (and a little mocked) by Umberto Eco (Eco, 1980) in the character of Jorge da Burgos, whose call not to do research and to solely focus on sublime recapitulations turns out to be an attempt to conceal possible cognitive gains behind fictitious and merely conventional certainties. However, beware that every discipline has its own experts in the history of that discipline, and history of a discipline deserves respect. Quality historical works are certainly not 'summaries'. The problem arises when one wants to present work that is historical as theoretical (and perhaps even innovative). Disciplines that are able to create more strategic added value through their paradigms honour the giants of their past by naming laws, principles, models, theorems and formulas after them, finally moving straight into the future, while the pre-paradigmatic ones lull themselves in their past.

Similarly, the knowledgeable reader and "fruitful ignorance" will, for example, want to learn more about Frank Lloyd Wright's concepts, principles, and methods, while sterile ignorance will get hooked by Frank Lloyd Wright based on gossip and the "soap opera" version of artfully fictionalised biographies. Value creation requires appropriate legal forms (corporate, commercial and intellectual property, for instance), but not all legal forms create value.

How to distinguish them? Forms that create added value create global standards (either a house is ecological or it is not). The legal forms that create added value have the characteristic of universality, openness, unification. Those that destroy or, at least, do not create value are of anthropological closure. They localise and subjectivise according to the primitive pattern that what arises under one's own steeple is of quality, while everything else is not,

ammantati da un pessimismo cupo e straripante di un passato obsoleto fintamente erudito che dietro al "non si può fare nulla" cela un effettivo "non so fare nulla"; l'altra è la fame di sentirsi operativi. La via di mezzo è la ricerca come *problem setting* e *solving* strategici e il TT come *problem solving* applicativo.

Infine, Il TT può esistere solo entro il capitalismo accademico in cui viene problematizzato strategicamente il passaggio dalla conoscenza al valore aggiunto capitalizzabile. È piuttosto evidente che la conoscenza in sé non riproducibile in forma strategico-applicativa su scala globale è quasi indistinguibile da una credenza. Il capitalismo accademico per realizzare davvero conoscenza viabile e trasferibile richiede standard piuttosto alti, formalizzati e globali. Molti atenei, comunità intellettuali o settori disciplinari preferiscono prendere scorciatoie che dal versante della carriera accademica formale potrebbero anche risultare vincenti, ma il cui approdo ultimo è devastante perché generano vuote forme senza funzioni strategiche implementabili.

Dal punto di vista della ricerca sarebbe violato il principio di Grice e dunque dietro all'espressione "pubblicazioni scientifiche" ci sarebbero banali 'riassuntini' di argomenti vecchi. Anche qui dunque zero valore aggiunto e nulla di trasmissibile o trasferibile. Di conseguenza nessuna possibilità di TM in generale di TT in particolare. In questa prospettiva, il capitalismo accademico si sta rivelando un formidabile setaccio per discernere tra università/settori/comunità che producono valore aggiunto strategico e sistemico ad impatto globale e università/settori/comunità che cercano scorciatoie. Lungi dal formarsi una dialettica conflittuale, il sistema di creazione di senso conoscitivo e di valore, semplicemente espelle tutto il rumore (Luhmann, 1990) per cui le forme a zero valore si svuotano.

NOTE

[1] Il capitalismo accademico è un modello di *global governance* dell'università – e non solo – fondata sulla conoscenza come capitale e la scienza come valore aggiunto trasversale ad ogni aspetto della società (politica, economia, qualità della vita ecc.).

[2] Viabilità, dal termine inglese *viability*, viene dalla metafora stradale e rimanda al linguaggio tecnico trasportistico. Stafford Beer parla di "viabilità sistemica" per indicare le traiettorie intraprese da un sistema, Stuart Kaufmann parla di "possibili adiacenti" ovvero di percorsi più affini e vicini a noi per arrivare alla nostra espansione e alla meta. Cfr. rif. bibl.

REFERENCES

Audretsch, D. (2009), *La società imprenditoriale*, Marsilio, Venezia.

Beer, S. (1987), *Diagnosi e progettazione organizzativa*, Isedi, Torino.

Dahrendorf, R. (1993), *Per un nuovo liberalismo*, Laterza, Roma-Bari.

Eco, U. (2023), *Confessioni di un giovane romanziere*, La nave di Teseo, Milano.

Eco, U. (1980), *Il nome della rosa*, Bompiani, Milano.

Ferone, E. (2013), *Regole comunicazione del capitalismo accademico*, Loffredo, Napoli.

Foucault, M. (1992), *Tecnologie del sé*, Bollati Boringhieri, Torino.

James, W. (1994), *Il Pragmatismo*, Il Saggiatore, Milano.

Kauffman, S. (2005), *Esplorazioni evolutive*, Einaudi, Torino.

Leydesdorff, L. (1995), *The Challenge of Scientometrics: The Development, Measurement, and Self-Organization of Scientific Communications*, DSWO Press, Leiden, The Netherlands.

Leydesdorff, L. (2006), *The Knowledge-Based Economy: Modeled, Measured, Simu*lated, Universal Publishers, New York.

Luhmann, N. (1990), *Sistemi sociali*, Il Mulino, Bologna.

and if every steeple stands like this, the destruction of value is inevitable due to the absence of scale, leverage, empirical generalisability, and scientific-technological reproducibility

The scholar devoted to TM in general and TT in particular is required to avoid two opposing drifts, namely the excess of pseudo-intellectualism that makes debates and conversations an end in itself, as if a linguistic and semantic convention could falsify a scientific principle (Sokal and Bricmont, 2011), cloaked in a grim, overflowing pessimism of a faux-erudite obsolete past that behind the "nothing can be done" hides an actual "I can't do anything". The other is the hunger to feel operational. The middle ground is research as strategic problem setting and solving and TT as applied problem solving.

Finally, TT can only exist within academic capitalism in which the transition from knowledge to capitalisable value-added is strategically turned into a problem. It is quite evident that knowledge in itself that is not reproducible in strategic-applicative form on a global scale is almost indistinguishable from a belief. In order to truly create viable and transferable knowledge, academic capitalism requires rather high, formalised, global standards. Many universities, intellectual communities or disciplinary fields prefer to take shortcuts that might even be successful in terms formal academic career, but their ultimate landing place is devastating as they generate empty forms without implementable strategic functions.

From a research point of view, the Grice principle would be violated. Hence, the expression "scientific publications" would conceal trivial 'summaries' of old arguments. Again, zero added value and nothing transmissible or transferable, with no possibility of TM in general of TT in particular. From this perspective, academic capitalism is proving to be a formidable sieve to discern between universities/sectors/communities that produce strategic and systemic value-added, with global impact and universities/sectors/communities that seek shortcuts. Far from forming an adversarial dialectic, the system of cognitive and value simply expels all noise (Luhmann, 1990) so zero-value forms become empty.

NOTES

[1] Academic capitalism is a model of global governance of the university – and beyond – based on knowledge as capital, and on science as an added value across every aspect of society (politics, economics, quality of life, etc.).

[2] Viability, from the English term viable, comes from the road metaphor, and refers to the technical language of transportation. Stafford Beer speaks of "systemic viability" to refer to the trajectories taken by a system. Stuart Kaufmann speaks of "possible adjacencies" i.e., paths most akin and close to us to get to our expansion and goal. Cf. ref. bibl.

Merton, R.K. (1958), *Teoria e struttura sociale*, Il Mulino, Bologna.

Merton, R.K. (2016), *La pratica della ricerca*, Lit, Roma.

Ortega y Gasset, J. (1996), *L'uomo e la gente*, Armando, Roma, pp. 23-30.

Rogers, E.M. (1956), *Diffusion of innovations*, The Free Press, Glencoe.

Rogers, E.M., Singhal, A. Cody, M.J. and Sabido M. (2003), *Entertainment, Education and Social Change*, Routledge, London.

Slaughter, S. and Rhoades, G. (2009), *Academic Capitalism and the New Economy: Markets, State, and Higher Education*, Johns Hopkins University Press, Baltimore.

Slaughter, S. and Leslie, L.L. (1999), *Academic Capitalism: Politics, Policies, and the Entrepreneurial University*, Johns Hopkins University Press, Baltimore.

Sokal and Bricmont (2011) INSERIRE REF MANCANTE

Stafford, B. (1991), *Diagnosi e progettazione organizzative. Principi cibernetici*, ISEDI, Torino.

Toeffler, A. and Toeffler, H. (2010), *La rivoluzione del benessere*, Casini, Milano.

RICERCA E FOTOGRAFIA: TRASFERIMENTO DI CONOSCENZA PER LA TRANSIZIONE SOCIO-ECOLOGICA

Francesca Thiébat[1], https://orcid.org/0000-0003-4478-6693 francesca.thiebat@polito.it
Cristiana Cellucci[2], https://orcid.org/0000-0002-7934-963X cristiana.cellucci@iuav.it
[1] Dipartimento di Architettura e Design, Politecnico di Torino, Italia
[2] Dipartimento di Culture del Progetto, Università Iuav di Venezia, Italia

Ricercare una fotografia che indichi non solo nuovi metodi per vedere, nuovi alfabeti visivi, ma soprattutto una fotografia che abbia come presupposto uno stato di necessità. Ricercare una fotografia che instauri nuovi rapporti dialettici tra autore ed esterno, nuove strade, nuovi concetti, nuove idee, per entrare in rapporto con il mondo, cercarne modalità di rappresentazione adeguate, per restituire immagini, figure, perché fotografare il mondo sia anche un modo per comprenderlo (Ghirri, 1997, p. 79).

La fotografia per "vedere" e "raccontare" il mondo e le sue trasformazioni

In un suo film del 1990, "Fino alla fine del mondo", Wim Wenders racconta l'allucinante realtà di una "malattia dello sguardo" che spinge i protagonisti – catturati dalla potenza di una macchina che decodifica le onde celebrali e rende visibili i sogni – ad avventurarsi in uno spazio di esperienza in cui l'entusiasmo e la speranza nei confronti del nuovo, del futuro e della crescente moltiplicazione di possibilità ed occasioni di conoscenza e di esistenza che la società complessa offre, si confondono con la paura di una catastrofe incombente di spersonalizzazione per la capacità della macchina di oggettivare sullo schermo quanto di più privato appartiene all'uomo: il sogno (Wenders, 1990).
Fuori dal film viviamo l'altrettanto vorticoso dilatarsi della conoscenza e dell'esperienza visiva. Da un lato si moltiplicano le occasioni di "producibilità" e "progettualità" delle innovazioni e le possibilità di "trasferimenti" di conoscenza, dall'altro la comunicazione, attraverso il mezzo fotografico, si complica per il moltiplicarsi delle "immagini" del mondo, delle "occasioni" di entrare in contatto con la realtà attraverso immagini di sintesi, della velocità con cui tali immagini si susseguono e si accavallano davanti ai nostri occhi (Pinto Minerva, 1999).
Tornando al film, la protagonista si salva dal "cattivo guardare" recuperando, attraverso il racconto della propria esperienza, il proprio punto di vista sul mondo – parziale ma nello stesso tempo unico e irripetibile – consentendo alla protagonista di riannodare "il guardare" al "vivere".
Attorno a questa potenzialità e sullo sfondo del cambiamento che investe il ruolo universitario nel trasferimento delle conoscenze e nella cooperazione con istituzioni, imprese e comunità, è possibile immaginare una progettualità fotografica di supporto alla ricerca che promuova e valorizzi un'organica complementarietà tra interventi di de-contestualizzazione che elevano il sapere informale alla conoscenza scientifica astratta basata su dati tecnici precisi – e interventi di ri-contestualizzazione che valorizzino la sensibilità interpretativa personale di chi fotografa, restituendo significato e contesto all'esperienza.
In questa prospettiva, la fotografia – la cui stessa esistenza è intrinsecamente legata alla sua capacità di restituire con elevata precisione la fisicità del reale – si rileva uno strumento interessante, se non insostituibile, per analizzare le complesse relazioni che strutturano la realtà (Sontag, 1999; Adams, 2012).
Questa sua peculiarità, del resto, è stata ampiamente dimostrata da esperienze storiche di grande portata che evidenziano il considerevole peso culturale che essa acquisisce quando la committenza pubblica la utilizza per documentare le grandi

RESEARCH AND PHOTOGRAPHY: KNOWLEDGE TRANSFER FOR SOCIO-ECOLOGICAL TRANSITION

To seek a photograph that not only indicates new ways of seeing, new visual alphabets, but above all a photograph that presumes a state of necessity. To seek a photograph that establishes new dialectical relationships between author and the external world, new paths, new concepts, new ideas, to engage with the world, to find adequate modes of representation, to return images, figures, because photographing the world is also a way to understand it (Ghirri, 1997, p. 79).

Photography for "Seeing" and "Telling" the World and its transformations

In his 1990 film, Until the End of the World, Wim Wenders recounts the hallucinatory reality of a "gaze disease". This illness drives the protagonists – captured by a machine that decodes brain waves and makes dreams visible – to venture into a new space. There, they experience enthusiasm and hope for the future, embracing the growing multiplication of possibilities and opportunities for knowledge and existence offered by complex society. However, this is overshadowed by the fear of an impending catastrophe of depersonalization due to the machine's ability to objectify on screen the most private aspect of humanity: dreams (Wenders, 1990).
Outside of the film, we experience the equally dizzying expansion of knowledge and visual experience. On the one hand, the opportunities for the 'producibility' and 'designability' of innovations and the possibilities for "knowledge transfers" multiply; on the other hand, communicating through the photographic medium, becomes more complicated due to the increasing number of images of the world, the opportunities to connect with reality through synthetic images, and the speed at which such images appear and overlap before our eyes (Pinto Minerva, 1999).
Returning to the film, the protagonist saves herself from "bad looking" by recovering, through the narration of her personal history, which enables her to establish her own perspective on the world – partial but at the same time unique and unrepeatable – allowing the protagonist to reconnect "looking" with "living".
Against the backdrop of the changing role of universities in knowledge transfer and cooperation with institutions, businesses, and communities, it is possible to imagine a photographic projectuality supporting research. This projectuality promotes and enhances an organic complementarity between two types of interventions. The first

ISSN online: 2239-0243 | © 2025 Author(s) | http://www.fupress.com/techne | DOI: 10.36253/techne-18306
Open access, peer-reviewed article published by Firenze University Press (https://www.fupress.com) and distributed, except where otherwise noted, under the terms of the CC BY 4.0 License for content and CC0 1.0 Universal for metadata

trasformazioni socioculturali e ambientali. La prima di queste in ordine di tempo è la *Mission héliographique* voluta dall'amministrazione di *Beaux Arts-Commission des Monuments Historiques* dello stato francese nel 1851, a soli dieci anni dall'invenzione della fotografia, che vide impegnati cinque fotografi "artisti"[1] in una sorta di catalogazione delle ricchezze monumentali della Francia (Valtorta,1989). Sempre nell'Ottocento, anche lo stato americano – attraverso il *Bureau of Topographical Engineers*, il *Powell and Hayden Survey*, il *Geologica Exploration of the Fourtieth Parallel* – dimostrò di comprendere l'importanza della fotografia come strumento di documentazione, affidando a fotografi come O'Sallivan, Russell, Jackson *et al.* la descrizione topografica dei territori, la morfologia geologia dei luoghi, diffondendo immagini di impatto di una frontiera americana sconosciuta e maestosa, contribuendo non poco alla costruzione della mitologia del paese (Valtorta,1989, Russo, 2001). Qualche anno dopo, sempre in America, la *Farm Security Administration* tra il 1935 e il 1943, durante il *new deal* rooseveltiano promuove una campagna di documentazione delle condizioni di crisi delle zone agricole, della disoccupazione, della siccità e delle condizioni abitative, affondando a fotografi come Evans, Lange, Shahn, Rothstein *et al.* lo studio di questi fenomeni. Tra le esperienze novecentesche più interessanti, c'è l'imponente operazione di lettura del territorio della Francia condotta dalla *Mission Photographique de la Datar* che coinvolse più di 20 fotografi di grande notorietà e giovani, oltre ad artisti, reporter sia francesi che stranieri con il compito di prendersi su di sé la responsabilità di guardare la realtà per conto della collettività e alla collettività restituire il loro lavoro (Valtorta,1989, Russo, 2001).

Attorno a questo possibile ruolo intellettuale del fotografo, ruotano sia i molti contributi richiesti ai fotografi nelle iniziative promosse da enti o istituzioni pubbliche – moltiplicatesi negli anni 80 in particolare negli Stati Uniti, in Europa e anche in Italia[2] – che l'interesse personale di singoli fotografi verso la «fotografia sociale se con questa definizione vogliamo intendere una fotografia che sia capace di guardare alle grandi modificazioni in atto nella realtà in cui viviamo, trasformandole nello scenario dentro il quale attivare i linguaggi dell'arte» (Valtorata, 1997 p. 33).

Si pensi all'analisi topografica del paesaggio nei suoi aspetti periferici compiuta da Lewis Baltz; alla capacità di Robert Adams di trasferire l'attenzione dalla disamina del territorio ai racconti del sociale (come la questione nucleare); o al raffinato equilibrio tra documentarismo delle trasformazioni del territorio e fotografia sociale messa in scena da Jeff Wall, dove eventi umani collettivi e individuali si fondono; o alle magistrali ricerche di Robert Frank e Lee Friedlander, che usano il paesaggio per indagare l'essere umano e le sue mutazioni. A queste indagini si aggiunge il racconto sociale di Josef Koudelka che documenta le trasformazioni del territorio in ogni suo aspetto fino alla visione drammatica dei grandi spazi industriali dismessi simbolo dei destini e delle solitudini dell'uomo. Infine, ampliando lo sguardo al cinema, si pensi a quanto l'impianto delle opere di Wenders, Tarkovskij e Fellini così intimamente radicate dentro il tema della storia, della memoria del destino dell'uomo affondi le sue radici nelle trasformazioni del territorio e della società (Valtorta, 1997). Allo stesso modo, Michelangelo Antonioni nei suoi film combina, e spesso fa coincidere, il linguaggio con le immagini. È emblematica, ad esempio, la sequenza finale del

are de-contextualisation interventions, which elevate informal knowledge to abstract scientific knowledge based on precise technical data; the second are re-contextualization interventions that valorize the personal interpretive sensitivity of the photographer, thereby restoring meaning and context to the experience.

From this perspective, photography – whose very existence is intrinsically linked to its ability to render the physicality of reality with high precision – proves to be an interesting and invaluable tool for analyzing the complex relationships that structure reality (Sontag, 1999; Adams, 2012).

Moreover, this peculiarity has been fully demonstrated by significant historical experiences that highlight the considerable cultural weight it acquires when public commissioning bodies use it to document major social, cultural and environmental transformations. The first of these, in chronological order, was the *Mission héliographique*, which was commissioned by the French state's Beaux-Arts Commission des Monuments Historiques of the French state in 1851, just ten years after the invention of photography. Five "artist" photographers[1] were tasked with cataloguing France's monumental riches (Valtorta, 1989). Also in the 19th century, the American state – through the Bureau of Topographical Engineers, the Powell and Hayden Survey and the Geological Exploration of the Fortieth Parallel – demonstrated an understanding of photography's importance as a documentation tool, entrusting photographers such as O'Sullivan, Russell, Jackson *et al.* with the topographical description of territories and the geological morphology of places. They disseminated impactful images of an unknown and majestic American frontier, contributing significantly to the construction of the country's mythology (Valtorta, 1989, Russo, 2001). Some years later, still in America, the Farm Security Administration, between 1935 and 1943, during Roosevelt's New Deal, promoted a campaign to document the crisis conditions of agricultural areas, unemployment, drought, and housing conditions. The study of these phenomena was assigned to photographers such as Evans, Lange, Shahn, Rothstein *et al.* One of the most interesting experiences of the twentieth century was the extensive survey of France conducted by the Mission Photographique de la Datar. This involved more than twenty renowned young photographers, as well as French and foreign artists and reporters. They were tasked with observing reality on behalf of the community and sharing their work with it (Valtorta, 1989; Russo, 2001).

The numerous contributions requested from photographers in initiatives promoted by public bodies or institutions – which multiplied particularly in the 1980s in the United States, Europe and Italy[2] – revolve around this possible intellectual role of the photographer. The personal interest of individual photographers in "social photography", if by this definition we mean photography capable of examining the major ongoing changes in our reality and transforming them into a scenario in which the languages of art can be activated, is also related to this role (Valtorta, 1997, p. 33).

Consider Lewis Baltz's topographical analysis of the landscape all its peripheral aspects; Robert Adams' ability to shift his focus from examining the territory to narratives of social

film “L’Eclisse” (1962) in cui gli elementi del paesaggio urbano – edifici, piante, strade, oggetti, ombre, luci – sono perfettamente equivalenti ai personaggi umani, e addirittura intercambiabili con essi (Caliandro, 2015).
In un’epoca di profonda trasformazione del ruolo universitario e di crescente cooperazione tra diversi attori socioeconomici, nel quale l’università assume un ruolo attivo di trasferimento di tecnologie e conoscenze per rispondere alle mutevoli esigenze ambientali, culturali ed economiche dei territori, la fotografia può essere considerata un ulteriore strumento per avvicinare il mondo della ricerca ai suoi destinatari diretti: la comunità.
Nei paragrafi successivi, il saggio si propone di riprendere, attraverso una rilettura per immagini, alcuni temi chiave verso cui la ricerca scientifica si è orientata negli ultimi anni nell’ambito del progetto tecnologico e ambientale, attualizzati alla luce delle missioni delineate dal Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR) del programma NextGeneration EU (NGEU). Il punto di partenza risiede nella considerazione della fotografia come strumento che va oltre il racconto della realtà attraverso la sua descrizione, documentazione, rappresentazione, per diventare mezzo attraverso il quale misurare il mondo esterno.
Trasferendo il concetto di “fotografia” di Ghirri quale “narrazione in sequenza mentale [...] che continua oltre l’immagine singola (foto)” (Ghirri, 1982) sono stati individuati tre raggruppamenti tematici “cambiamento climatico / territorio / turismo”, “natura / città / digitalizzazione”, “patrimonio costruito / spazio pubblico / comunità”, che mettono insieme parole chiave ricorrenti – e talvolta contrastanti tra loro – nell’ambito della ricerca scientifica nazionale e internazionale. Le autrici hanno invitato tre fotografi professionisti ad esprimersi su tali temi per raccontare le grandi modificazioni in atto nella realtà in cui viviamo attraverso una sequenza di immagini per trasferire alla collettività documenti e registrazioni reali.

Cambiamento climatico / territorio / turismo _ Fotografie di Mario Ferrara

Nel suo “viaggio attraverso le immagini”, Luigi Ghirri, a partire dalla fine degli anni Settanta, inizia un progetto fotografico che lo spinge verso luoghi e soggetti legati al turismo, soprattutto nelle località balneari della costa adriatica, ma anche in altri tratti di costa del territorio italiano e francese e nelle aree alpine e urbane europee. In ogni luogo riesce a tracciare i contorni e le mutevoli peculiarità in atto stimolando una riflessione sul ruolo formativo della fotografia per creare una cultura del consumo (Lingwood, 2024). Osserva il territorio con attenzione per rappresentare nelle sue fotografie ciò che vi è di mutevole e ciò che invece è immutabile.
Oggi, seguendo la stessa logica, l’effetto del cambiamento climatico sul territorio stimola una riflessione sulla transizione che stiamo vivendo, mettendo in evidenza quanto ciò che cambia stia superando progressivamente ciò che rimane stabile. Richiamando il territorio costiero, la continua movimentazione dei sedimenti a opera del mare sottopone i territori costieri a continui cambiamenti, che si evidenziano con nuovi assestamenti della linea di riva e con superfici territoriali emerse e sommerse dal mare. Negli ultimi decenni i litorali italiani (8.300 km di cui 3.270 di spiagge) hanno subito significative evoluzioni geomorfologiche ed è ormai nota una predominanza dei fenomeni di erosione costiera di origine prevalentemente antropica (ISPRA, 2011; EEA, 2024).

issues (such as the nuclear question); the refined balance between documenting territorial transformations and social photography staged by Jeff Wall, where collective and individual human events merge; or the masterful research of Robert Frank and Lee Friedlander, who use the landscape to investigate human beings and their evolution. Josef Koudelka’s social narrative contributes to these investigations by capturing territorial transformations in all their aspects, including the dramatic vision of large disused industrial spaces, symbols of human destinies and solitudes. Finally, turning to cinema, consider how the works of Wenders, Tarkovsky and Fellini, which are deeply rooted in themes such as history, memory and human destiny, reflect the transformations of territory and society (Valtorta, 1997) Similarly, in his films Michelangelo Antonioni combines, and often makes coincide, language with images. Emblematic, for example, is the final sequence of the film “L’Eclisse” (1962), in which the elements of the urban landscape – buildings, plants, streets, objects, shadows, lights – are perfectly equivalent to human characters, and even interchangeable with them (Caliandro, 2015).
In an era of profound transformation in the university’s role and increasing cooperation between various socioeconomic actors, where the universities play an active role in transferring technologies and knowledge in response to the changing environmental, cultural, and economic needs of communities, photography can be considered an additional tool to bring the world of research closer to its direct beneficiaries: the community.
The following essay revisits some key themes in scientific research on technological and environmental projects in recent years, reinterpreting them using images and updating them in light of the missions outlined by the National Recovery and Resilience Plan (PNRR) of the NextGeneration EU (NGEU) programme. The starting point is to consider photography not just as a means of describing, documenting and representing reality, but also as a way of measuring the external world.
Three thematic groupings were identified by transferring Ghirri’s concept of “photography” as a “mental sequence narration [...] that continues beyond the single image (photo)” (Ghirri, 1982): “climate change / territory / tourism,” “nature / city / digitalization,” “built heritage / public space / community.” These groupings combine recurring – and sometimes contrasting – keywords in national and international scientific research. The authors invited three professional photographers
to interpret these themes and convey the major ongoing changes in our reality through a sequence of images, thereby conveying real documents and records to the community.

Climate Change / Territory / Tourism _ Photographs by Mario Ferrara

Starting from the late 1970s, Luigi Ghirri, began a photographic project that led him to places and subjects linked to tourism, especially in the seaside resorts along the Adriatic coast, as well as other stretches of the Italian and French coastline and in European alpine and urban areas. In each place, he captured the evolving characteristics, prompting reflection on photography’s role in shaping consumer culture (Lingwood, 2024). He observed

La serie fotografica di Mario Ferrara ci invita a una riflessione profonda e ci riporta ai viaggi di Ghirri e al ruolo formativo della fotografia. Lo studio sul campo, condotto attraverso la macchina fotografica, mette in evidenza la presenza di costruzioni abusive lasciate incompiute, il turismo balneare (solo stagionale) e gli effetti tangibili dei cambiamenti climatici sul territorio costiero italiano. È un lavoro che va oltre la semplice documentazione, spingendoci a interrogarci su come le nostre azioni modellano – spesso irreversibilmente – l'ambiente con conseguenze sia sulla natura sia sulla società.

Al centro di questa riflessione c'è la spiaggia di Bagnara, a Castel Volturno, sul litorale casertano. Qui, i protagonisti sono le ville abusive, erette illegalmente e oggi ridotte a scheletri abbandonati e fatiscenti, che diventano testimoni di azioni di speculazione edilizia. Nel corso del tempo l'innalzamento del livello del mare, conseguenza diretta del riscaldamento globale, ha progressivamente inghiottito queste costruzioni. L'acqua, salendo a causa dell'espansione termica degli oceani e dello scioglimento dei ghiacciai, ha sommerso le fondazioni facendo crollare intere porzioni dei manufatti. In questo scenario, durante i mesi estivi, la spiaggia si anima di una vita effimera. Quelli che Ferrara definisce "bagnanti occasionali" occupano un paesaggio che è stato profondamente alterato, in cui i detriti delle ville emergono dall'acqua come rocce in modo quasi irreale. Qui, il desiderio umano di svago si scontra con il degrado ambientale e il fallimento urbanistico. La serie fotografica ci invita a una riflessione multidisciplinare sulla geomorfologia delle coste, sulle conseguenze delle costruzioni abusive, sui mutamenti causati dal clima, e su come l'essere umano cerchi di adattarsi alle mutazioni ambientali.

Natura / città / digitalizzazione _ Fotografie di Filippo Romano

Con la serie "paesaggi di cartone", Luigi Ghirri mostra con chiarezza come i cartelloni pubblicitari possano sovrapporre immagini fantastiche alla realtà quotidiana, creando illusioni visive sorprendenti: una cascata esotica tra le montagne svizzere, un panorama alpino a Reggio Emilia o un mare scintillante a Modena. Questi paesaggi effimeri con la loro presenza evidenziano l'ubiquità dell'immagine fotografica negli spazi moderni. Nel 1979, con una analisi precorritrice Ghirri scriveva: "La realtà in larga misura si va trasformando sempre più in una colossale fotografia e il fotomontaggio è già avvenuto: è nel mondo reale" (Ghirri, 1979). Questa sua intuizione sottolineava il rischio di uno svuotamento di senso e di una strana forma di "depauperazione sensoriale" legata all'iper produzione di immagini, una riflessione ancora più attuale nell'era contemporanea, nelle quale la digitalizzazione e l'intelligenza artificiale alterano i confini tra ciò che è naturale e artificiale. Tuttavia, questa evoluzione ha anche aperto la strada a forme intelligenti di progettazione e all'interazione tra diverse "intelligenze": quella naturale, quella artificiale e quella collettiva (Ratti, 2025).

Eppure, la continua espansione dei limiti di quanto è reso possibile dall'innovazione tecnologica conduce a esiti spesso contraddittori, a volte anche insensati e distanti dalla rispondenza sociale effettiva. Al continuo richiamo al cambiamento culturale richiesto dalle tecnologie digitali non corrisponde necessariamente un'adeguata valutazione delle trasformazioni che possono avvenire soprattutto nel loro trasferimento ad ambiti complessi e fragili quali quelli del progetto di archi-

the territory carefully to represent in his photographs what is mutable and what remains immutable.

Today, following the same logic, the effect of climate change on the territory stimulates a reflection on the transition we are experiencing, highlighting the changing elements are progressively overcoming the stable ones. Recalling the coastal territory, the continuous movement of sediments by the sea subjects coastal areas to constant changes, which are evident in the formation of new shorelines and the emergence and submergence of land surfaces. In recent decades, Italian coastlines (8,300 km, of which 3,270 are beaches) have undergone significant geomorphological evolutions, and a predominance of coastal erosion phenomena, mainly of anthropogenic origin, is now well known (ISPRA, 2011; EEA, 2024).

Mario Ferrara's photographic series invites us to a profound reflection and brings us back to Ghirri's journeys and the formative role of photography. The field study, conducted through the camera, highlights the presence of unfinished illegal constructions, (only seasonal) beach tourism, and the tangible effects of climate change on the Italian coastal territory. This work transcends mere documentation, prompting us to consider the irreversible impact of our actions on the environment and society.

At the center of this reflection is Bagnara beach, in Castel Volturno, on the Caserta coastline. Here, the protagonists are the illegally built villas, now reduced to abandoned and dilapidated skeletons, which become witnesses to speculative building actions. Over time, the rising sea level, a direct consequence of global warming, has progressively swallowed these constructions. Rising due to the thermal expansion of the oceans and the melting of glaciers, the water has submerged the foundations, causing entire portions of the structures to collapse. In this scenario, during the summer months, the beach comes alive with an ephemeral existence. What Ferrara defines as "occasional bathers" occupy a deeply altered landscape, where the villas' debris emerges from the water like rocks, creating an almost surreal scene. Here, the human desire for recreation clashes with environmental degradation and urban planning failure. This photographic series invites us to consider the geomorphology of coasts, the consequences of illegal construction, the impact of climate change, and how humans try to adapt to environmental change.

Nature / City / Digitalization _ Photographs by Filippo Romano

In his "cardboard landscapes" series, Luigi Ghirri clearly showed how billboards can superimpose fantastic images onto everyday reality, creating surprising visual illusions: an exotic waterfall among the Swiss mountains, an alpine panorama in Reggio Emilia, or a glittering sea in Modena. These ephemeral landscapes highlight the ubiquity of the photographic image in modern spaces simply by their presence. In 1979, with a groundbreaking analysis, Ghirri wrote: "Reality is largely transforming more and more into a colossal photograph, and the photomontage has already occurred: it is in the real world" (Ghirri, 1979). This intuition of his underlined the risk of a loss of meaning and a strange form of "sensory impoverishment" linked to the overproduction of im-

tettura, del governo delle trasformazioni urbane e territoriali, e più in generale della modificazione dell'ambiente costruito (Mussinelli, 2023).
La serie fotografica "A cut above" (una spanna sopra) di Filippo Romano, riprende nel titolo lo slogan di un cartellone pubblicitario inserito nella vegetazione incolta lungo una strada in Kenya, che mostra un rendering di nuovi edifici che promettono di arrivare ad "un livello superiore" o "una spanna sopra". Le "illusioni visive" presenti nelle fotografie di Romano delineano una marcata antitesi tra l'avanzamento delle tecnologie digitali, una natura spontanea relegata ai margini e la condizione irrisolta del paesaggio urbano. Contrariamente all'assunto che l'innovazione digitale debba soddisfare le esigenze di comfort degli utenti e salvaguardia ambientale, gli elementi rappresentati appaiono decontestualizzati, fuori uso e in stato di deterioramento, quasi a indicare che la digitalizzazione si sia rivelata una semplice infatuazione ormai svanita.

Patrimonio costruito / spazio pubblico / comunità _ Fotografie di Massimo Vicinanza

Nel racconto per immagini pubblicato sulla rivista "Life" nel 1953 "Succede tutto nella piazza" (Everything goes in the Piazza), Henry Cartier Bresson riesce a far emergere lo spirito della gente, e a ricostruire con una serie di fotografie uno spazio collettivo in cui ci si incontra, si lavora, si mangia e si gioca. La piazza romana fotografata da Bresson perde la connotazione emblematica di luogo povero e caotico, per diventare un teatro umano, in cui scene di vita vengono accuratamente riprese dal fotografo (Guadagnini e Chéroux, 2024).
Il fotografo Massimo Vicinanza, attraverso le foto di Piazza Garibaldi a Napoli, suggerisce che il paradigma patrimonio costruito / spazio pubblico / comunità si realizza pienamente solo quando la collettività è protagonista attiva nella cura e nella riappropriazione degli spazi urbani. Sebbene il recupero fisico del costruito risulti imprescindibile, esso acquista un valore duraturo solo se accompagnato da una rigenerazione del tessuto sociale che restituisce allo spazio pubblico la sua funzione di agorà contemporanea – luogo di incontro, riconoscimento e progettazione collettiva del futuro. Le sue immagini evidenziano una critica incisiva verso la progressiva erosione della funzione sociale delle piazze, centri nevralgici per lo scambio non solo economico ma anche culturale e politico, oggi spesso trasformati in anonimi luoghi di transito, segnati dal degrado e da dinamiche di marginalizzazione che possono sfociare in tensioni sociali ed etniche. Questa osservazione pone in luce un paradosso cruciale: il patrimonio costruito pur esistendo fisicamente, perde il suo valore intrinseco di catalizzatore sociale quando lo spazio pubblico che lo circonda e lo connette alla comunità viene depauperato della sua vitalità e della sua capacità di aggregazione.
In questo senso il caso di Piazza Garibaldi a Napoli, con il netto contrasto fra l'area nord, percepita come marginale anonima, e l'area sud, rivitalizzata e dinamica, costituisce un modello emblematico di non coinvolgimento diretto della collettività. Il progetto di rigenerazione partecipata basato sulla collaborazione di istituzioni, associazioni e cittadini riconosce la necessità di ascoltare e integrare le voci di chi vive quotidianamente lo spazio urbano. Questa consapevolezza riflette l'idea che la risposta alle complesse problematiche urbane non possa proveni-

ages, a reflection that is even more pertinent in the contemporary era, where digitalisation and artificial intelligence are blurring the boundaries between what is natural and artificial. However, this evolution has also paved the way for intelligent forms of design and the interaction between different "intelligences": natural, artificial, and collective (Ratti, 2025).
Nevertheless, the continuous expansion of the limits of what is made possible by technological innovation often leads to contradictory, sometimes even nonsensical, outcomes that are far removed from effective social responsiveness. The continuous call for cultural change demanded by digital technologies does not necessarily correspond to an adequate evaluation of the transformations that can occur, especially in their transfer to complex and fragile areas such as architectural design, the governance of urban and territorial transformations, and more generally the modification of the built environment (Mussinelli, 2023).
Filippo Romano's photographic series "A cut above" takes its title from the slogan of a billboard placed in the overgrown vegetation along a road in Kenya. This billboard shows a rendering of new buildings that promise to reach "a higher level" or "a cut above". The "visual illusions" present in Romano's photographs outline a marked antithesis between the advancement of digital technologies, a spontaneous nature relegated to the margins, and the unresolved condition of the urban landscape. Contrary to the assumption that digital innovation should meet user comfort and environmental protection needs, the elements represented appear decontextualized, out of use, and in a state of deterioration, almost indicating that digitalization has proven to be a mere, now faded, infatuation.

Built Heritage / Public Space / Community _ Photographs by Massimo Vicinanza

In his photographic essay "Everything Goes in the Piazza," published in "Life" magazine in 1953, Henri Cartier-Bresson masterfully captures the spirit of the people and reconstructs, through a series of photographs, a collective space where people meet, work, eat, and play. The Roman *piazza* photographed by Bresson loses its emblematic connotation of a poor and chaotic place, to become a human theater where scenes of life are meticulously captured by the photographer (Guadagnini and Chéroux, 2024).
Photographer Massimo Vicinanza, through his photos of Piazza Garibaldi in Naples, suggests that the paradigm of built heritage / public space / community is only fully realised when the community is an active protagonist in the care and reappropriation of urban spaces. Although the physical recovery of built structures is essential, it acquires lasting value only if accompanied by a regeneration of the social fabric that restores to public space its function as a contemporary agora – a place of encounter, recognition, and collective planning for the future. His images highlight an incisive critique of the progressive erosion of the social function of squares, which are neuralgic centers not only for economic but also for cultural and political exchange. Today, these are often transformed into anonymous transit points, marked by degradation and marginalization dynamics that can lead to social and ethnic tensions. This observation

re unicamente da interventi *top down*, ma debba essere radicato in un processo inclusivo che valorizzi il sapere e le esigenze della comunità.
Le immagini della piazza, descritte dalle foto di Massimo Vicinanza. mostrano la mancanza di un processo costruttivo che affianchi il recupero fisico dello spazio a iniziative materiali volte a ricostruire il tessuto sociale e relazionale. Ciò sottolinea come il patrimonio costruito possa ritrovare il suo significato più profondo solo attraverso il senso di appartenenza e di interazione comunitaria, e la costruzione di un "ecosistema urbano vivo" fondato su relazioni significative e scambi autentici.

Conclusioni

La Missione 4 del PNRR, "Istruzione e Ricerca", mira a rafforzare le condizioni per lo sviluppo di una economia ad alta intensità di conoscenza, di competitività e di resilienza (MUR, 2020). Un obiettivo chiave è il trasferimento tecnologico, ovvero la capacità di trasformare la ricerca scientifica in innovazione e prodotti anche attraverso azioni a supporto di enti, associazioni o aziende. Tuttavia, la complessità che caratterizza la ricerca scientifica nell'ambito della transizione socio-ecologica può costituire un ostacolo nel trasferimento dei risultati nella prassi operativa. In questo contesto la fotografia si configura come uno strumento efficace e immediato di trasferimento di conoscenze verso una comunità formata anche di non addetti ai lavori.
Sebbene l'informatizzazione e la miniaturizzazione dello spazio rendono "più incerta e problematica la decifrazione del rapporto tra quel che si vede e il funzionamento del mondo" (Farinelli, 2024), la fotografia, dopo il racconto e il disegno, si conferma un mezzo essenziale per leggere le tracce che compongono il paesaggio quello visibile – elementi naturali e artificiali – e quello invisibile – economico, culturale, politico. Con le immagini, è possibile documentare i cambiamenti ambientali e sociali, evidenziando le cause e le conseguenze, stimolare una riflessione collettiva e una maggiore consapevolezza sulle sfide del nostro tempo, contribuendo così alla diffusione di quei nuovi scenari predittivi e creativi auspicati dal trasferimento delle conoscenze teorico-concettuali in azioni attuative intersistemiche (UN, 2015).
Questo tipo di progettualità ha, inoltre, una finalità didattico/educativa. Attraverso l'oralità, la scrittura, le immagini, le parole, i gesti e i suoni, possiamo tornare a "rivedere" e "raccontare" il mondo e le sue trasformazioni con una prospettiva rinnovata. La capacità della fotografia di trasformare un'astrazione (la parola) in una presenza reale visiva è raccontata da una fotografia di Luigi Ghirri del 73, raffigurante la parola Oceano ritratta da una pagina di un atlante che ci rimanda a infinite possibili immagini che noi possediamo mentalmente. Mano a mano che la scrittura sparisce, spariscono meridiani e paralleli, numeri, l'oceano non è più evocato da una parola o da una mappa, ma si dispiega davantini a noi come una immagine "naturale".

REFERENCES

Adams, R. (s.d.), *La bellezza in fotografia. Saggi in difesa dei valori tradizionali*, Bollati Boringhieri, Torino.

Caliando, C. (2015), "Paesaggio italiano, oggi", *Artribune*. Available at: https://www.artribune.com (Accessed on 02/06/2025).

Farinelli, F. (2024), *Il paesaggio che ci riguarda*, Touring Club Italiano, Milano.

illuminates a crucial paradox: built heritage, despite its physical existence, loses its intrinsic value as a social catalyst when the surrounding public space it and connecting it to the community is deprived of its vitality and its capacity for aggregation.
In this sense, Piazza Garibaldi in Naples, is an emblematic model of a missed direct community involvement, with the sharp contrast between the northern area, perceived as marginal and anonymous, and the revitalised and dynamic southern area. The participatory regeneration project, based on the collaboration of institutions, associations, and citizens, recognizes the need to listen to and integrate the voices of those who experience urban space daily. This awareness reflects the idea that the solution to complex urban problems cannot stem solely from top-down interventions but must be rooted in an inclusive process that values the knowledge and needs of the community.
The images of the *piazza* depicted in Massimo Vicinanza's photos show the lack of a process that combines the physical recovery of space with tangible initiatives aimed at rebuilding the social and relational fabric. This emphasizes how built heritage can regain its deeper meaning only through a sense of belonging and community interaction, and the construction of a "living urban ecosystem" founded on meaningful relationships and authentic exchanges.

Conclusions

Mission 4 of the PNRR (National Recovery and Resilience Plan), "Education and Research," aims to create the conditions necessary for developing a knowledge-intensive, competitive, and resilient economy (MUR, 2020). A key objective is technology transfer, or the ability to transform scientific research into innovation and products, which can be achieved by supporting entities, associations, or companies. However, the complexity of scientific research in the context of socio-ecological transition can hinder the transfer of results into operational practice. In this context, photography emerges as an effective and immediate tool for transferring knowledge to a community that includes non-specialists.
Although the miniaturisation of space and the increasing use of information technology make it more difficult to understand the relationship between what we see and how the world functions (Farinelli, 2024), photography, like narrative and drawing, is an important way of understanding the elements that make up the landscape, including both visible and invisible elements such as natural and artificial features, as well as economic, cultural and political factors. Images can be used to document environmental and social changes, highlighting causes and consequences, stimulating collective reflection and greater awareness of the challenges of our time. This contributes to the dissemination of the new predictive and creative scenarios that the transfer of theoretical-conceptual knowledge into implementable intersystemic actions (UN, 2015) is hoped to achieve.
Furthermore, this type of projectuality has an educational/didactic purpose. Through oral communication, writing, images, words, gestures, and sounds, we can "re-see" and "re-narrate" the world and its transformations with a renewed perspective.
Photography's ability to transform an abstraction (the word) into a real

Ghirri, L. (1979), *Kodachrome*, MACK, Londra.

Ghirri, L. (1982), "Re Mida nel vicolo cieco", in *Niente di antico sotto il sole*, Quodlibet, Macerata, 2021.

Guadagnini, W., Chéroux, C. (a cura di) (2024), *Henri Cartier-Bresson e l'Italia,* Ediz. italiana e inglese, Dario Cimorelli Editore.

Lingwood, J. (a cura di) (2024), *Luigi Ghirri. Viaggi*, MACK e MASI Lugano.

Mussinelli, E. (2023), "Enabling technologies and project quality", *TECHNE – Journal of Technology for Architecture and Environment*, (25), pp. 11–15. Available at: https://doi.org/10.36253/techne-14626

Pinto Minerva, F. (1999), "Prefazione", in D'Elia, A., *Fotografia come terapia, attraverso le immagini di Luigi Ghirri*, Meltemi Editore, Roma.

Ratti, C. (2025), *Biennale Architettura 2025. Intelligens. Natural. Artificial. Collective | Catalogo della 19. Mostra Internazionale di Architettura*, La Biennale di Venezia, Venezia.

Russo, A. (2001), "Note in margine all'immagine fotografica di paesaggi", in Guerrieri, W., Guidi, G., Nappi, M.R. (a cura di), *Luoghi come paesaggi. Fotografia e committente pubblica in Europa egli anni '90*, Linea di Confine, Rubiera.

Sontag, S. (1999), *Sulla fotografia. Realtà e immagine nella nostra società*, Einaudi, Torino.

United Nations (2015), *Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development / SDG 7*, Resolution adopted by the General Assembly on 25 September 2015. UN A/RES/70/1. Distr.: General 21 October 2015. Available at: https://www.un.org/sustainabledevelopment/development-agenda/ (Accessed on 02/06/2025).

Valtorta, R. (1989), "Fotografia e competenza pubblica", *Casabella*, n.560.

Valtorta, R. (1997), "La fotografia dei luoghi come fotografia", in Sacconi, A., Valtorta, R. (a cura di), *Archivio dello spazio*, Art&, Udine.

Valtorta, R. (2002), "Il corpo come interfaccia del paesaggio", in Valtorta, R. (a cura di), *Idee di Metropoli*, Silvana Editoriale, Milano.

Wenders, W. (1990), *Fino alla fine del mondo*, Vivivideo, Milano.

visual presence is illustrated by a 1973 photograph by Luigi Ghirri, depicting the word "Oceano" (Ocean) portrayed from an atlas page, which refers us to infinite possible images that we mentally possess. As the writing disappears, so do meridians and parallels, numbers; the ocean is no longer evoked by a word or a map but unfolds before us as a "natural" image.

NOTES

[1] Five pioneering photographers – Henri Le Secq, Gustave Le Gray, Auguste Mestral, Édouard Baldus, and Hippolyte Bayard – were commissioned to photographically document the historical and architectural monuments of France, particularly those at risk of demolition and alteration. Their work led to the establishment of a valuable visual archive of 19th-century French architectural heritage.

[2] In the 1980s, larger or smaller groups of photographers produced free interpretations and readings of the Italian urban, provincial, and rural landscape, commissioned by public bodies, municipalities, districts, communities, provinces, and sometimes regions, who entrusted their gaze with the representation of entire territories. For example: Paolo Monti with his daily and rigorous method of interpreting historic centers, carried out for the Ministry of Cultural Heritage of Emilia-Romagna; the work of Luigi Ghirri, Guido Guidi, Gabriele Basilico, Fulvio Ventura, Mario Cresci, Mimmo Jodice, Roberto Salbitani, Giovanni Chiaramonte, and the younger Olivo Barbieri, Vincenzo Castella, Vittore Fossati and others, documented in the exhibition "Viaggio in Italia" (1984).

NOTE

[1] Furono cinque i fotografi pionieri incaricati – Henri Le Secq, Gustave Le Gray, Auguste Mestral, Édouard Baldus et Hippolyte Bayard – di documentare fotograficamente i monumenti storici e architettonici della Francia, in particolare quelli a rischio di demolizione e alterazione, il cui lavoro porta alla istituzione di un prezioso archivio visivo del patrimonio architettonico francese del XIX secolo.

[2] Negli anni 80 gruppi più o meno ampi di fotografi danno vita a libere letture e interpretazioni del paesaggio di città, provincia e campagna italiana per commissione di enti, comuni, comprensori, comunità, provincie e talvolta regioni che affidano al loro sguardo la rappresentazione di interi territori. Ad esempio: Paolo Monti con il suo quotidiano e rigoroso metodo di lettura dei centri storici fatto per il ministero dei Beni Culturali dell'Emilia-Romagna; al lavoro di Luigi Ghiri, Guido Guidi, Gabriele Basilico, Fulvio Ventura, Mario Cresci, Mimmo Jodice, Roberto Salbitani, Giovanni Chiaramonte, e ai più giovani Olivo Barbieri, Vincenzo Castella, Vittore Fossati e altri documentato nella mostra "viaggio in Italia" (1984).

Mario Ferrara / Castel Volturno

Filippo Romano / Nairobi

9 WEST
International Private Medical Insurance
COVID-19 Cover
Evacuation & Repatriation
Personal Accident & Travel Cover
ODDS & ENDS

Massimo Vicinanza / Napoli

NAPOLI OD MAROCCO
TUNISIA

Fill the gap. Strategie di avvicinamento tra università e PMI nelle attività di TT

Massimo Rossetti, https://orcid.org/0000-0002-1392-956X rossetti@iuav.it
Dipartimento di Culture del Progetto, Università Iuav di Venezia, Italia

Abstract. Il contributo intende analizzare lo scenario, in Italia, relativo al ruolo delle università nelle attività di Terza Missione e valorizzazione della conoscenza, al settore delle imprese e alla loro propensione alla R&S e ad attività innovative – con particolare riferimento alle PMI (Piccole e Medie Imprese) – e alle relazioni esistenti tra queste e le università, evidenziando gli ostacoli che, oggi, si incontrano per l'avvio di attività di ricerca congiunta. Inoltre, il contributo intende proporre alcune strategie che possano avvicinare università e imprese verso tali attività, in considerazione sia delle sollecitazioni provenienti dal mondo della politica che di diversi esempi virtuosi di cooperazione tra imprese e università presenti in Europa.

Parole chiave: Terza missione; R&S; PMI; Trasferimento tecnologico; Attività innovative.

Inquadramento

Verso una transizione permanente

L'incertezza dei tempi contemporanei è, se non altro, accompagnata dalla consapevolezza che il mutamento rappresenta ormai un fedele compagno di viaggio. "Verso una transizione permanente" potrebbe essere il titolo per questo primo quarto di secolo: un ossimoro che definisce in maniera sufficientemente chiara come un'epoca che era partita con le migliori intenzioni (tuttora in ambito europeo si ha tra i principali punti di riferimento, per quanto riguarda la produzione di conoscenza, la Strategia di Lisbona del marzo 2000) si presenti oggi come quanto di più incerto, in qualsiasi campo: sociale, economico, politico. Tuttavia, ogni attività, in particolare se si tratta di produzione – sia essa di beni, servizi, o, come in questo caso, conoscenza – necessita di un'adeguata programmazione, in funzione delle risorse disponibili (finanziarie, umane, materiali); soprattutto se queste vanno cercate o generate nel tempo.

In tale scenario, si vuole indagare come, nell'ambito della produzione di conoscenza e della sua valorizzazione, stiano profondamente cambiando le dinamiche con le quali le università devono interfacciarsi con la società per attività di ricerca, innovative, di Terza Missione; di come debba cambiare il rapporto tra mondo dell'università e mondo delle imprese; di come, infine, sia possibile gestire tale rapporto al fine di incrementare, migliorare e replicare efficaci modalità di produzione e valorizzazione della conoscenza.

Imprese e università: una distanza da colmare

La "distanza" tra mondo delle imprese e mondo universitario è nota, ed è da tempo oggetto di analisi (Rossetti, 2021; 2019; 2018; 2011); una situazione che lamenta da un lato «una scarsa capacità degli accademici di parlare il linguaggio delle imprese o delle organizzazioni che operano nella società», laddove «i docenti-ricercatori sono ritenuti poco capaci di uscire dalla propria comunità scientifica di riferimento e di trasmettere il proprio sapere»; dall'altro, «anche da parte del mondo esterno (aziendale, soprattutto) esiste una difficoltà a comprendere le dinamiche delle attività accademiche, legate a procedure amministrative e gestionali non sempre fluide» (Marra and Ramajoli, 2023).

D'altra parte, è emerso chiaramente negli anni come le università, anche in considerazione di una auspicata posizione di *main driver* dei cambiamenti socioeconomici nell'immediato futuro (EUA, 2021), possano rappresentare oggi una sorta di "fulcro" territoriale per le attività di produzione della conoscenza, in virtù del loro ruolo riconosciuto di "*honest broker*" e/o di "*leading innovator*" (EUA, 2022). Attività che potrebbero ricadere pienamente nell'ambito della Terza Missione e risulta-

Fill the gap. Strategies to get universities and SMEs closer in TT activities

Abstract. The paper aims to analyse the Italian scenario regarding the role of universities in Third Stream activities and knowledge value enhancement, the enterprises sector and their attitude for R&D and innovative activities – with particular reference to SMEs (Small and Medium Enterprises) – and the existing relationships between them and universities, highlighting the obstacles encountered today in starting joint research activities. Moreover, the paper aims to propose some strategies that can bring universities and enterprises closer towards such activities, considering both the requests coming from the world of politics and several virtuous examples of cooperation between enterprises and universities present in Europe.

Keywords: Third Stream; R&D; SMEs; Technology transfer; Innovative activities.

Framing

Towards a permanent transition

The uncertainty of contemporary times, if nothing else, comes together with the awareness that change has become a faithful travelling companion. "Towards a permanent transition" could be the title for this first quarter of the century, an oxymoron that defines clearly enough how an era that started with the best intentions (in the European context, one of the main points of reference, regarding the production of knowledge, is still the Lisbon Strategy of March 2000) appears today as deeply uncertain in any activity: social, economic, political. However, any activity, especially if it is about production – of goods, services, or, as in this case, knowledge – requires adequate planning, based on the available resources (financial, human, materials), especially if these must be found or created over time.

In this scenario, we want to investigate how, in the context of knowledge production and its value enhancement, the dynamics with which universities must interface with society for innovative Third Stream research activities are profoundly changing; how the relationship between the world of universities and that of enterprises must change; and how this relationship must be managed to increase, improve and replicate valid methods of knowledge production and value enhancement.

Enterprises and university: a gap to fill

The "distance" between universities and the world of enterprises is well known. Indeed, it has long been studied (Rossetti, 2021; 2019; 2018; 2011). The situation presents «a poor ability of academics to speak the language of enterprises or organizations that op-

ISSN online: 2239-0243 | © 2025 Author(s) | http://www.fupress.com/techne | DOI: 10.36253/techne-17388
Open access, peer-reviewed article published by Firenze University Press (https://www.fupress.com) and distributed, except where otherwise noted, under the terms of the CC BY 4.0 License for content and CC0 1.0 Universal for metadata

re affini al "nuovo corso" che dovrebbero intraprendere anche le imprese: quello di una scelta evolutiva che le traghetti dalla sola (o quasi) produzione, verso investimenti in attività innovative e di ricerca.

Terza missione e post-produzione sono qui per restare

Esistono quindi due fattori da considerare fondativi, che definiscono la direzione verso la quale si dovrebbero muovere università e imprese:

- il fatto che la Terza Missione sia oggi una responsabilità istituzionale; a differenza quindi delle attività di ricerca e didattica, in capo al singolo docente, la responsabilità delle attività di Terza Missione è in capo all'ateneo, che ne risponde «a seconda delle proprie specificità e delle proprie aree disciplinari» (Marra and Ramajoli, 2023; Frondizi, 2020);
- la necessaria e forse inevitabile evoluzione delle imprese da soggetti quasi esclusivamente dediti alla produzione e commercializzazione di beni, a soggetti dediti anche alla produzione di conoscenza, allo svolgimento di attività innovative e alla loro valorizzazione.

Tali fattori obbligano a un ripensamento non solo della natura stessa dei due soggetti, ma anche delle relazioni e degli obiettivi comuni che possono avere; in questo contesto, si vuole quindi: definire il quadro delle imprese in Italia, in funzione della loro classificazione e delle attività di ricerca; evidenziare il *mismatch* presente nelle attività di cooperazione in attività di ricerca tra imprese e università; proporre, infine, strategie di intervento per il riavvicinamento tra PMI – Piccole e Medie Imprese – e università.

Dati e criticità: lo scenario di riferimento

Il settore delle imprese: "medio-piccolo" è bello

Se l'obiettivo è far confluire in attività di ricerca e trasferimento tecnologico le potenzialità di imprese e università, è necessario definire le "condizioni al contorno" nelle quali eventuali linee programmatiche e/o iniziative legislative dovrebbero inserirsi.

Sul territorio italiano sono presenti, al 2022, circa 4.580.000 imprese, per un totale di oltre 18.218.000 addetti. La maggior parte di queste (80,1%) è impiegata nei servizi, corrispondente al 68,3% di addetti; nell'industria in senso stretto[1] è presente invece l'8,3% di imprese, a cui corrisponde il 23% degli addetti complessivi (ISTATa, 2024) (Tab. 1).

Per una migliore definizione del quadro di riferimento, è necessario però analizzare nello specifico la suddivisione delle imprese come dimensioni[2]. È noto, infatti, come il sistema produttivo italiano sia caratterizzato dalla prevalente presenza di microimprese che rappresentano il 95% del totale, realizzano il 27,3% del valore aggiunto[3] totale e impiegano il 43,1% della forza lavoro. All'estremo opposto, le macroimprese rappresentano solo lo 0,1% del totale, ma risultano fortemente produttive: realizzano infatti il 34,9% del valore aggiunto e impiegano il 23,8% della forza lavoro. Le PMI (tra 10 e 249 addetti) corrispondono al 5% del totale, impiegano il 33% degli addetti e contribuiscono per il 37,8% alla creazione di valore aggiunto (ISTATa, 2024) (Tab. 2).

Le PMI rappresentano quindi in Italia un potenziale enorme, che necessita da un lato di una nuova cultura manageriale (Panico, 2022), dall'altro, in virtù di una capillare presenza sul territorio, di porsi come uno degli interlocutori privilegiati nei confronti delle università in attività di ricerca congiunta.

erate in society», where «teachers-researchers are considered little capable of going beyond their scientific community of reference and transmitting their knowledge». Moreover, «even on the part of the external world (corporate, above all) there is a difficulty in understanding the dynamics of academic activities, linked to administrative and management procedures that are not always fluid» (Marra and Ramajoli, 2023).

It has clearly emerged over the years how universities, also in consideration of their desired role as *main drivers* in the socio-economic changes of the immediate future (EUA, 2021), are now a sort of territorial "hub" for knowledge production activities, thanks to their recognised role as "honest brokers" and/or "leading innovators" (EUA, 2022). Such activities could fall fully within the scope of the Third Stream, and be like the "new course" enterprises should also undertake, namely the one of an evolutionary choice that brings them from only (or almost) production, towards investments in innovative and research activities.

Third Stream and post-production are here to stay

Two factors are essential as they define the direction for universities and enterprises:

- the fact that the Third Stream is today an institutional responsibility; unlike research and teaching activities for which individual professors are accountable, Third Stream activities are the duty of the university, which is responsible for them «according to its own specificities and disciplinary areas» (Marra and Ramajoli, 2023; Frondizi, 2020);
- the necessary and perhaps inevitable evolution of enterprises from entities almost exclusively dedicated to the production and marketing of goods, to entities also dedicated to the production of knowledge, the carrying out of innovative activities and their value enhancement.

These factors require redefining not only the nature of the two subjects, but also the relationships and common targets they may have. In this context, we want to define the framework of companies in Italy, based on their classification and research activities; highlight the mismatch present in cooperation on research activities between companies and universities; and, finally, suggest intervention strategies to bridge the gap between SMEs – Small and Medium Enterprises – and universities.

Data and critical issues: the reference scenario

The enterprises sector: "medium-small" is beautiful

If the target is to direct the potential of enterprises and universities into research and technology transfer activities, it is necessary to define the "boundary conditions" in which any programmatic lines and/or legislative initiatives should be inserted.

In Italy, there are about 4,580,000 enterprises in 2022, for a total of more than 18,218,000 employees. Most of these (80.1%) are employed in services, corresponding to 68.3% of employees; in "industry in the strict sense"[1], there are 8.3% of enterprises, corresponding to 23% of total employees (ISTATa, 2024) (Tab. 1).

To better define the reference scenario, it is necessary to specifically analyse the division of enterprises by size[2].

Tab. 01 | Imprese e addetti per classe di addetti e settore di attività economica; anno 2022. Fonte: ISTAT
Enterprises and employees by class of employees and sector of economic activity; year 2022. Source: ISTAT

Tab. 02 | Imprese e addetti per classe di addetti e settore di attività economica; anno 2022, composizioni percentuali. Fonte: ISTAT
Enterprises and employees by class of employees and sector of economic activity; year 2022, percentage compositions. Source: ISTAT

Tab. 01 |

Sectors of economic activity	Enterprises		Employees	
	Absolute values	%	Absolute values	%
Industry in the strict sense	379,695	8.3	4,185,399	23.0
Constructions	529,357	11.6	1,573,112	8.6
Trade, transport and storage, accommodation and catering	1,479,216	32.3	6,147,093	33.7
Other services	2,191,257	47.8	6,312,006	34.6
Total	4,579,525	100.0	18,217,611	100.0

Tab. 02 |

Sectors of economic activity*	Percentages of companies by class of employees				
	0-9	10-49	50-249	250+	TOTAL
Industry in the strict sense	81.2	15.7	2.6	0.5	100.00
Constructions	94.9	4.8	0.3	0.0	100.00
Trade, transport and storage, accommodation and catering	94.4	5.1	0.5	0.1	100.00
Other services	97.8	1.8	0.3	0.1	100.00
Total	95.0	4.4	0.6	0.1	100.00

*Ateco Classification 2007-Update 2022.

Tab. 03 | Spesa per R&S intra-muros, anni 2018-2023, valori monetari in migliaia di euro. Fonte: ISTAT
Intra-muros R&D spending, years 2018-2023, monetary values in thousands of euros. Source: ISTAT

Tab. 04 | Spesa per R&S intra-muros per tipo di ricerca e settore esecutore, anno 2022, valori assoluti in migliaia di euro. Fonte: ISTAT
Intra-muros R&D spending by type of research and performing sector, year 2022, absolute values in thousands of euros. Source: ISTAT

| Tab. 03 |

Years	Absolute values	% Changes on previous year	GDP report (values %)
2018	25,232,243	6.0	1.42
2019	26,259,661	4.1	1.46
2020	25,028,257	-4.7	1.50
2021	25,991,328	3.8	1.41
2022	27,286,216	5.0	1.37
2023*	27,939,070	2.4	1.31

*Estimated on preliminary data.

| Tab. 04 |

Executing sectors	Absolute values (percentage values)			
	Basic research	Applied research	Experimental development	Total
Public institutions	1,039,747 (27.2)	2,497,183 (65.4)	279,453 (7.3)	3,816,383 (100)
Private non-profit institutions	185,165 (37.1)	242,730 (48.7)	70,932 (14.2)	498,827 (100)
Enterprises	1,670,293 (10.3)	6,178,964 (38.0)	8,420,977 (51.8)	16,270,234 (100)
University	3,755,725 (56.0)	2,263,000 (33.8)	682,047 (10.2)	6,700,772 (100)
Total	6,650,930 (24.4)	11,181,877 (41.0)	9,453,409 (34.6)	27,286,216 (100)

Ricerca e sviluppo in Italia: tra crescita e scarsa cooperazione

I dati relativi al mondo dell'industria in Italia dipingono quindi un quadro dove moltissime microaziende si contrappongono a pochissime macroimprese, mentre la maggior parte del valore aggiunto viene realizzato da un esiguo numero di PMI. Con l'obiettivo però di capire in che modo sia possibile mettere a sistema il mondo imprenditoriale con l'università in attività di Terza Missione, è necessario analizzare quale sia la natura delle attività di ricerca in Italia, in particolare suddivise per soggetto e tipologia; più nello specifico, è necessario vedere la situazione relativamente alla ricerca *intra-muros*, effettuata dai vari soggetti con risorse proprie (ISTATa, 2024) (Tab. 3-4).

La spesa totale per R&S interna effettuata in Italia da imprese, istituzioni pubbliche, istituzioni private non profit e università è pari nel 2022 a circa 27,3 miliardi di euro, in crescita del 5% rispetto al 2021, in tutti i settori: nelle imprese (+4%), nelle istituzioni pubbliche (+5,2%), nelle università (+7,5%), nel no-profit (+2,7%) (ISTATa, 2024). In particolare, per quanto riguarda le

It is known, in fact, that the Italian production system is characterised by the prevalent presence of micro-enterprises, which account for 95% of the total, generate 27.3% of the total added value[3], and employ 43.1% of the workforce. Conversely, macro-enterprises are only 0.1% of the total, but are highly productive. In fact, they generate 34.9% of the added value and employ 23.8% of the workforce. SMEs (between 10 and 249 employees) are 5% of the total, employ 33% of the employees, and contribute up to 37.8% to the creation of added value (ISTATa 2024) (Tab. 2).

Hence, SMEs are an enormous potential in Italy, which requires a new managerial culture (Panico, 2022) to position themselves as one of the privileged interlocutors with universities in joint research activities, considering their widespread presence in the territory.

Research and development in Italy: between growth and poor cooperation

Data concerning the industrial world in Italy paint a picture where many micro-enterprises face very few macro-enterprises, while most of the added value is generated by a small number of SMEs. However, with the aim of understanding how it is possible to systematise the enterprises world with the university in Third Stream activities, it is necessary to analyse the nature of research activities in Italy, in particular divided by subject and type. It is, especially, necessary to see the situation regarding *intra-muros* research carried out by the various subjects with their own resources (ISTATa, 2024) (Tab. 3-4).

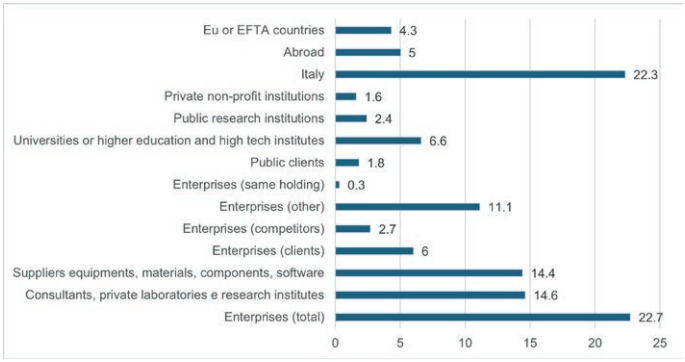
Total spending on *intra-muros* R&D carried out in Italy by enterprises, public institutions, private non-profit institutions and universities is equal to approximately 27.3 billion euros in 2022, recording a 5% rise compared to 2021 in all sectors, precisely in companies (+4%), in public institutions (+5.2%), in universities (+7.5%), in non-profit entities (+2.7%) (ISTATa, 2024). Regarding enterprises, macro record a 6.4% increase with an average of 1.2%. Only small enterprises present a 5.3% decrease (ISTATc, 2024).

It is also important to analyse the data relating to innovative activities[4]. The most active sector is industry in a strict sense, with 65.1% of companies, followed by services (56.1%) and construction (46.7%). It is also estimated that 58.6% of industrial and service companies with more than 10 employees carried out innovative activities in the period 2020-2022. It is significant, in this regard, to highlight how the company size is directly proportional to the propensity for innovation: 55.8% of companies with a number of employees between 10 and 49, which rises to 74.3% in companies between 50 and 249 employees, and reaches 84.7% in companies with over 250 employees (ISTATa, 2024).

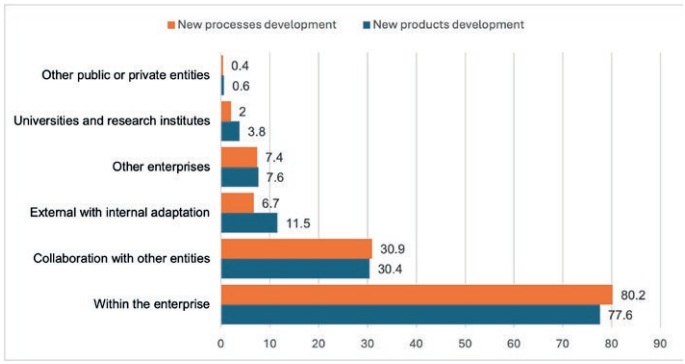
But in this context, essential reference data concern innovative activities carried out in cooperation[5]. According to the most recent data, in the period 2020-2022, the number of companies with innovative activities that have established cooperation agreements with other subjects is only 22.7% (ISTATa, 2024). The share of subjects cooperating with universities is even lower, only 6.6% of companies with innovative activities (Fig. 1). Again, large companies represent the largest part oriented towards activities carried out in formal cooperation, 52.1%. However, the percentages drop drastically if we look at the reference area of SMEs: 33.4% of medium-sized companies

01| Imprese con accordi di cooperazione per l'innovazione per tipologia di partner, anni 2020-2022, valori percentuali sul totale delle imprese con attività innovative. Fonte: ISTAT
Companies with cooperation agreements for innovation by type of partner, years 2020-2022, percentage values on the total number of companies with innovative activities. Source: ISTAT

02| Imprese innovatrici per modalità di sviluppo dell'innovazione. Fonte: ISTAT
Innovative companies by innovation development methods. Source: ISTAT



| 01



| 02

imprese, le macro registrano un aumento del 6,4% e le medie dell'1,2%; solo le piccole risultano in controtendenza, con una diminuzione del 5,3% (ISTATc, 2024).
È inoltre rilevante analizzare i dati relativi alle attività innovative[4]; il settore più attivo risulta l'industria in senso stretto, con il 65,1% delle imprese; seguono i servizi (56,1%) e le costruzioni (46,7%). Si stima, inoltre, che nel triennio 2020-2022 il 58,6% delle imprese industriali e dei servizi con più di 10 addetti abbia svolto attività innovative. È significativo, a tale proposito, evidenziare come la dimensione aziendale sia direttamente proporzionale alla propensione all'innovazione: il 55,8% delle aziende con un numero di addetti compreso tra 10 e 49, che sale al 74,3% nelle aziende tra 50 e 249 addetti, e raggiunge l'84,7% nelle aziende con oltre 250 addetti (ISTATa, 2024).
Ma in questo contesto, un dato di riferimento fondamentale è quello relativo alle attività innovative svolte in cooperazione[5]. Secondo i dati più recenti, nel triennio 2020-2022 il numero di imprese con attività innovative che hanno stipulato rapporti di cooperazione con altri soggetti è solo il 22,7% (ISTATa, 2024). Ancora minore è la quota che coopera con le università, solo il 6,6% delle imprese con attività innovative (ISTATb, 2024) (Fig. 1). Inoltre, sono le imprese di grandi dimensioni a rappresentare la "fetta" maggiore orientata verso attività svolte in cooperazione formale, il 52,1%; calano drasticamente invece le percentuali se si guarda all'ambito di riferimento delle PMI: il 33,4% delle medie imprese e solo il 19,7% delle piccole sono interessati ad attività di cooperazione (ISTATa, 2024).
La consuetudine di collaborare con soggetti esterni nello sviluppo di innovazioni risulta quindi poco frequente; la maggior parte delle imprese, infatti, per mettere a punto nuovi prodotti e/o processi si avvale unicamente di risorse interne: per l'esattezza, il 77,6% degli innovatori di prodotto e l'80,2% degli innovatori di processo (ISTATb, 2024) (Fig. 2). In altre parole, gli investimenti crescono, ma non le cooperazioni.

L'effetto "NIMBY" sui ricercatori: siano i benvenuti, ma coi soldi degli altri
Il quadro di riferimento risulta ancora più chiaro analizzando i dati relativi agli addetti impegnati in attività di ricerca. Rispetto al 2021, il personale impiegato in attività di ricerca, espresso in unità equivalenti a tempo pieno, è aumentato dell'1,5%; quasi la

and only 19.7% of small companies are interested in cooperation activities (ISTATa, 2024).
The habit of collaborating with external subjects in the development of innovations is, therefore, rare. In fact, most companies use only internal resources to develop new products and/or processes, precisely, 77.6% of product innovators and 80.2% of process innovators (ISTATb 2024) (Fig. 2). In other words, investments are growing, but not cooperation.

The "NIMBY" effect on researchers: they are welcome, but with other people's money
The reference picture becomes even clearer analysing the data regarding the number of employees engaged in research activities. Compared to 2021, the personnel employed in research activities, expressed in full-time equivalent units, increased by 1.5%; almost half of R&D employees are researchers (49.3%), with a 4.9% increase (ISTATa, 2024) (Tab. 5).
This adds a further piece to the overall picture of difficulties encountered in starting joint research and development activities between enterprises and universities. The Italian scenario historically presents enterprises that do not require a large number of qualified personnel, also due to the high decrease in large state-owned companies (Sylos Labini, 2010). In this regard, it is significant to see how, according to a recent study[6], considering for example "green" objectives, 76% of SMEs consider them a priority, but only 10% of these chose to include specialised figures within their staff. Hence, SMEs are looking for public funding for investments in training activities, but a significant part of them (about 42%) are discouraged and finally give up when dealing with the complexity of bureaucratic procedures. In other words, a "NIMBY" (Not In My Back Yard) of researchers in companies: nothing against carrying out innovative activities and doing research, but if it is necessary to invest economic resources to train a professional figure in research, it would be better if others did it. In this scenario, the obstacles to joint research activities between enterprises and universities are more than one and at various levels. They should be the focus of targeted action.

Planning in uncertain times: possible intervention strategies
The reference scenario is, therefore, the following: universities that must strengthen themselves in the Third Stream and can play the role of "leading innovators" for research activities in the territories; a strong presence of SMEs, which produce most of the added value; an increase in R&D spending, particularly in companies, but with a low attitude for cooperation in innovative activities, especially with universities, and for the training of figures focused on research.
The growth of R&D spending does not seem sufficient to trigger structural phenomena capable of generating impacts on the territories where SMEs and universities are located. Hence the need to intervene with measures that give rise to continuous phenomena of collaboration having as their target, from the onset, the technological transfer of research products.
A first measure can be identified in the need to have more professional figures dedicated to joint research activities. As seen, there is a low propensity on the part of companies to invest in such

Tab. 05 | Addetti alla R&S per categoria professionale e settore esecutore; anno 2022 Fonte: ISTAT

R&D workers by professional category and executing sector; year 2022 Source: ISTAT

| Tab. 05

	Absolute values (percentage changes on previous year)			
	Values		Full-time equivalent units	
Executing sectors	Total	Of which researchers	Total	Of which researchers
Public institutions	58,520 (1.9)	34,733 (4.4)	42,593.2 (1.6)	25,710.2 (4.9)
Private non-profit institutions	11,567 (4.1)	8,190 (2.9)	7,282.9 (4.1)	5,112.9 (4.5)
Enterprises	286,424 (-1.5)	96,082 (3.0)	198,522.2 (0.2)	76,016.9 (5.1)
University	146,518 (3.4)	86,249 (3.8)	89,734.8 (4.3)	59,981.9 (4.9)
Total	503,029 (0.4)	225,254 (3.5)	338,133.1 (1.5)	166,821.9 (4.9)

metà degli addetti alla R&S è costituita da ricercatori (49,3%), con un aumento del 4,9% (ISTATa, 2024) (Tab. 5).

Ed è qui che si aggiunge un ulteriore tassello al quadro complessivo di difficoltà che si incontrano nell'avviare attività congiunte di ricerca e sviluppo tra imprese e università. Lo scenario italiano, storicamente, presenta infatti un tessuto produttivo che non richiede una grande quantità di personale qualificato, anche a causa della sparizione delle grandi aziende a partecipazione statale (Sylos Labini, 2010). E, a tale proposito, è significativo vedere come, in base a un recente studio[6], per quanto riguarda ad esempio gli obiettivi "*green*", il 76% delle PMI li ritenga prioritari, ma solo il 10% di queste ha scelto di inserire figure specializzare all'interno del proprio organico. Quindi, le PMI sono effettivamente alla ricerca di finanziamenti pubblici per investimenti in attività di formazione, ma una loro parte consistente (circa il 42%) si scoraggia e infine si arrende di fronte alla complessità delle pratiche burocratiche. In altre parole, un "NIMBY" (*Not In My Back Yard*) dei ricercatori in impresa: nulla in contrario a svolgere attività innovative e fare ricerca, ma se fosse necessario investire risorse economiche per formare una figura professionale alla ricerca, è meglio se lo fanno altri. È chiaro come, in tale scenario, gli ostacoli alle attività congiunte di ricerca imprese/università siano più di uno e a vari livelli, ed è su questi che bisogna agire.

Possibili strategie di intervento: programmare in tempi incerti

Lo scenario di riferimento risulta quindi il seguente: un'università che deve rafforzarsi nella Terza Missione e può rivestire il ruolo di "*leading innovator*" per le attività di ricerca nei territori; una forte presenza di PMI, che producono la maggior parte del valore aggiunto; un aumento della spesa in R&S, in particolare nelle imprese, al quale però corrisponde una scarsa propensione alla cooperazione in attività innovative, in particolare con le università, e alla formazione di figure dedicate alla ricerca.

La crescita della spesa in R&S non sembra quindi sufficiente a innescare fenomeni strutturali in grado di generare ricadute sui territori dove insistono PMI e università; è quindi necessario intervenire con misure che diano origine a fenomeni continuativi di collaborazione aventi come obiettivo, fin dall'inizio, il trasferimento tecnologico dei prodotti della ricerca.

Una prima misura può individuarsi nella necessità di avere più figure professionali dedicate ad attività di ricerca congiunte. Come visto, esiste una scarsa propensione da parte delle imprese a investire in tali figure professionali; a tale proposito, risulta particolarmente significativo quanto invece indicato dal Documento di Economia e Finanza dell'aprile 2024 per quanto

professional figures. The Documento di Economia e Finanza of April 2024 about the measures to be undertaken in relation to education and research is particularly significant in this regard; in particular, it addresses the issue of the «composition of human capital by qualification», where a «more ambitious target is pursued in terms of projects presented by young researchers and takes into account the changes that have occurred regarding innovative doctorates in collaboration with companies» (DEF, 2024). Furthermore, it is particularly significant to underline how the same DEF refers to OECD[9] studies, which highlight how a better quality of staff corresponds to an increase in productivity (Egert *et al*., 2022).

Similarly, a second measure can be identified in the reform of university teaching. It is no mere chance that, in several European areas characterised by a strong structure rooted in the territory of joint enterprises/university activities, the number of graduates that remain is greater than the number of students who come from the same areas. Ultimately, these territories are "importers of talents"[7]. In fact, there are several examples in Europe of structured cooperation relationships between SMEs and universities, where the "trigger" of this relationship strongly depends on the innovation-oriented approach of the latter (EUA, 2019).

In this context, the role of politics[8] is essential. It could initiate phenomena of structured and continuous collaboration, oriented towards the return on investment in acceptable times required by companies, without forgetting "curiosity driven" university research. It is here that SMEs can be seen as one of the privileged interlocutors of universities in joint research activities. Always looking at Europe, several territories bring virtuous examples of innovation, both in terms of regional competitiveness (TRL, sophistication and maturity of the business sector, innovation performance, investments in lifelong learning) and the evolution of university structures. Similarly, the same territories present a substantial increase in cooperation in research activities, also thanks to the increase in investments by private industry towards universities (EUA, 2019).

Ultimately, universities can contribute in a structured and continuous manner to the industrial, technological, economic and social development of the territory where they are located, taking ownership once again of the role of "Multiversity", a term introduced for the first time by Clark Kerr in 1963 (Frondizi, 2020). He replaced the prefix *uni* with the prefix *multi* to underline a university community that was able to interface and evolve in relation to the environment in which it was inserted.

NOTES

[1] The set of economic activities belonging to sections B, C, D and E of the 2007 Ateco classification.

[2] Small enterprises are defined as those with less than 50 employees and an annual turnover or annual balance sheet total not exceeding 10 million euros, and medium-sized enterprises are defined as those with less than 250 employees and an annual turnover not exceeding 50 million euros or an annual balance sheet total not exceeding 43 million euros. Also, micro enterprises, with fewer than 10 employees and an annual turnover or annual bal-

riguarda le misure da intraprendere relativamente a istruzione e ricerca; in particolare, viene affrontato il tema della «composizione del capitale umano per titolo di studio», laddove si persegue un «target più ambizioso in termini di progetti presentati da giovani ricercatori e tiene conto delle modifiche intervenute in merito ai dottorati innovativi in collaborazione con le imprese» (DEF, 2024). Particolarmente significativo, inoltre, è sottolineare come nello stesso DEF si faccia riferimento agli studi OECD[9] che evidenziano come a una migliore qualità del personale corrisponda un aumento della produttività (Egert *et al*., 2022).

In maniera analoga, una seconda misura si può individuare nella riforma dell'insegnamento universitario. Non è un caso se in diverse aree europee caratterizzate da una forte struttura radicata sul territorio di attività congiunte imprese/università, il numero di laureati che resta è maggiore del numero di studenti che provengono dalle stesse aree; in ultima analisi, tali territori risultano degli *importer of talent*[7]. Non pochi sono infatti i casi in Europa di rapporti di cooperazione strutturata tra PMI e università, dove l'"innesco" di tale rapporto dipende fortemente dall'impostazione orientata all'innovazione di queste ultime (EUA, 2019).

In tale ambito, è fondamentale il ruolo della politica[8], che potrebbe avviare fenomeni di collaborazione strutturata e continuativa, orientata al ritorno di investimento in tempi accettabili richiesto dalle imprese, senza per questo dimenticare una ricerca universitaria "*curiosity driven*". Ed è qui che le PMI possono prefigurarsi come uno degli interlocutori privilegiati delle università in attività di ricerca congiunta: sempre guardando all'Europa, diversi sono i territori che portano esempi virtuosi di innovazione, sia in termini di competitività regionale (TRL, maturità del settore aziendale, *innovation performance*, investimenti in formazione permanente) che di evoluzione delle strutture universitarie. Analogamente, negli stessi territori si nota un sostanziale aumento nella cooperazione in attività di ricerca, anche grazie alla crescita di investimenti da parte dell'industria privata verso le università (EUA, 2019).

In ultima analisi, le università possono quindi contribuire in maniera strutturata e continuativa allo sviluppo industriale, tecnologico, economico e sociale del territorio dove sono collocate, riappropriandosi del ruolo di "Multiversity", un termine introdotto per la prima volta da Clark Kerr nel 1963 (Frondizi, 2020), che sostituì il prefisso *uni* con il prefisso *multi*, a sottolineare una comunità universitaria che fosse in grado di interfacciarsi ed evolvere rispetto all'ambiente nel quale era inserita.

NOTE

[1] L'insieme delle attività economiche appartenenti alle sezioni B, C, D ed E della classificazione Ateco 2007.

[2] Si definiscono piccole le imprese con meno di 50 occupati e con un fatturato annuo oppure un totale di bilancio annuo non superiore a 10 milioni di euro e medie le imprese con meno di 250 occupati e con un fatturato annuo non superiore a 50 milioni di euro oppure un totale di bilancio annuo non superiore a 43 milioni di euro. A queste si aggiungono le micro, con meno di 10 occupati e che realizzano un fatturato annuo oppure un totale di bilancio annuo non superiore a 2 milioni di euro, e le grandi, con oltre 250 addetti.

[3] La misura del reddito prodotto dall'insieme delle unità residenti che esercitano un'attività produttiva.

[4] Secondo il Manuale di Oslo del 2018, "*all developmental, financial and commercial activities undertaken by a firm that are intended to result in an innovation for the firm*".

ance sheet total not exceeding 2 million euros, and large enterprises with more than 250 employees.

[3] The measure of income produced by all resident units carrying out a productive activity.

[4] According to the 2018 Oslo Manual, "all developmental, financial and commercial activities undertaken by a firm that are intended to result in an innovation for the firm".

[5] According to Eurostat, cooperation in innovative activities means active participation in R&D projects or in any case aimed at product or process innovation.

[6] McKinsey Global Institute, *A microscope on small business*. Available at: https://www.fiscal-focus.it/quotidiano/altre-tematiche/economia-societa/l-universo-delle-pmi-italiane-piccole-e-toste,3,167057 (accessed on 02/03/2025).

[7] The same cannot be said for Italy. See the negative balance between the emigration of Italian researchers abroad and the low number of incoming foreign researchers.

[8] Take the recent example of the competence centres envisaged by the PNRR.

[9] Organisation for Economic Co-operation and Development, an international organisation of 38 countries.

[5] Secondo Eurostat per cooperazione nelle attività innovative si intende la partecipazione attiva a progetti di R&S o comunque finalizzati all'innovazione di prodotto o di processo.

[6] McKinsey Global Institute, *A microscope on small business*. Available at: https://www.fiscal-focus.it/quotidiano/altre-tematiche/economia-societa/l-universo-delle-pmi-italiane-piccole-e-toste,3,167057 (accessed on 02/03/2025).

[7] Non si può dire lo stesso per l'Italia. Si veda a tale proposito il saldo negativo tra emigrazione dei ricercatori italiani all'estero e attrattività dei ricercatori stranieri.

[8] Si veda il recente esempio dei centri di competenza previsti dal PNRR.

[9] Organisation for Economic Co-operation and Development, organizzazione internazionale formata da 38 paesi.

REFERENCES

DEF – Documento di Economia e Finanza, Sezione III, Programma Nazionale di Riforma (2024). Available at: https://www.mef.gov.it/focus/Il-Documento-di-economia-e-finanza-2024-DEF/ (Accessed on 02/03/2025).

Égert, B., de la Maisonneuve, C. and Turner, D. (2022), "A new macroeconomic measure of human capital exploiting PISA and PIAAC: Linking education policies to productivity", OECD Economics Department Working Papers, n. 1709, OECD Publishing, Paris. Available at: https://doi.org/10.1787/a1046e2e-en (Accessed on 02/03/2025).

European University Association (2022), *Universities as key drivers of sustainable innovation ecosystems Results of the EUA survey on universities and innovation*. Available at: https://www.eua.eu/publications/reports/universities-as-key-drivers-of-sustainable-innovation-ecosystems.html (Accessed on 02/03/2025).

European University Association (2021), *Universities without walls. A vision for 2030*. Available at: https://www.eua.eu/publications/positions/universities-without-walls-eua-s-vision-for-europe-s-universities-in-2030.html (Accessed on 02/03/2025).

European University Association (2019), *The Role of Universities in Regional Innovation Ecosystems*. Available at: https://www.eua.eu/publications/reports/the-role-of-universities-in-regional-innovation-ecosystems.html (Accessed on 02/03/2025).

Frondizi, R. (2020), *La Terza Missione delle Università. Strategia, Valutazione e Performance*, Giappichelli Editore, Torino.

ISTATa (2024), *Annuario Statistico Italiano*. Available at: https://www.istat.it/produzione-editoriale/annuario-statistico-italiano-2024/ (Accessed on 02/03/2025).

ISTATb (2024), *L'innovazione nelle imprese | Anni 2020-2022*. Available at: https://www.istat.it/wp-content/uploads/2024/11/REPORT_INNOVAZIONE-IMPRESE_2020_2022-REV-21_11.pdf (Accessed on 02/03/2025).

ISTATc (2024), *Ricerca e Sviluppo (R&S) in Italia | Anni 2022-2024*. Available at: https://www.istat.it/wp-content/uploads/2024/09/REPORT_RS_2024.pdf (Accessed on 02/03/2025).

Marra, A. and Ramajoli, M. (Ed.) (2023), *Come cambia l'Università italiana*, G. Giappichelli Editore, Torino.

OECD/Eurostat (2018), *Oslo Manual 2018: Guidelines for Collecting, Reporting and Using Data on Innovation, 4th Edition*, The Measurement of Scientific, Technological and Innovation Activities, OECD Publishing, Paris/Eurostat, Luxembourg. Available at: https://www.oecd.org/en/publications/oslo-manual-2018_9789264304604-en.html (Accessed on 02/03/2025).

Panico, A. (2022), "Più cultura manageriale per sbloccare il potenziale delle PMI italiane". Available at: https://www.econopoly.ilsole24ore.com/2022/12/19/pmi-aziende-potenziale/ (Accessed on 02/03/2025).

Rossetti, M. (2021), "L'industria delle costruzioni: Massimo Rossetti intervista Mauro Cazzaro", in Romano, R., Setola N. and Marzi L. (Ed.), *La Tecnologia dell'Architettura in una società che cambia alla luce del convegno SITdA 2019*, didapress, Firenze, pp. 99-119.

Rossetti, M. (2019), "Formare alla ricerca: strategie per il riavvicinamento di Università e imprese verso attività di ricerca congiunte", in Lauria, M., Mussinelli, E. and Tucci, F. (Ed.), *La produzione del progetto*, Maggioli Editore, Santarcangelo di Romagna, pp. 168-174.

Rossetti, M. (2018), "L'anello mancante: prove di avvicinamento tra Impresa e Università", in Bellini. O.A., Ciaramella, A., Daglio, L. and Gambaro., M. (Ed.), *La Progettazione tecnologica e gli scenari della ricerca*, Maggioli Editore, Santarcangelo di Romagna, pp. 49-54.

Rossetti, M. (2011), "Università, ricerca, formazione: lo scenario di un paese in direzione contraria (e ostinata)", *Archivio di Studi Urbani e Regionali*, Vol. 101/102, pp. 186-194.

Sylos Labini, F. (2010), *I ricercatori non crescono sugli alberi*, Laterza, Bari.

La prassi del progetto come veicolo di conoscenza tra Università e professione

Just Accepted: May 26, 2025 **Published:** November 6, 2025

Giulia Vignati, https://orcid.org/0000-0002-1543-1298 giulia.vignati@polimi.it
Gianluca Pozzi, https://orcid.org/0000-0003-1458-322X gianluca.pozzi@polimi.it
Laura Daglio, https://orcid.org/0000-0002-0645-1094 laura.daglio@polimi.it
Elisabetta Ginelli, https://orcid.org/0000-0001-6030-1436 elisabetta.ginelli@polimi.it
Dipartimento di Architettura, Ingegneria delle Costruzioni e Ambiente Costruito, Politecnico di Milano, Italia

Abstract. La formazione dell'architetto è connotata da una integrazione tra cultura teorica e pratica professionale. Tuttavia, le trasformazioni del sistema universitario e la crescente specializzazione della ricerca hanno accentuato la separazione tra formazione accademica e pratica professionale. La ricerca, spesso orientata alla produzione di linee guida e strumenti di indirizzo, trova un'applicazione parcellizzata all'interno del settore delle costruzioni. In questo scenario il contributo esplora il trasferimento tecnologico e di conoscenze tra Università, enti e attori non accademici, sottolineando il ruolo del progetto come strumento di ricerca e la necessità di un dialogo tra accademia, professione e produzione per promuovere l'innovazione.

Parole chiave: Progetto; Conoscenza; Formazione; *Research by design*; Agire professionale.

Introduzione

La formazione dell'architetto è intrinsecamente connotata da una complessa integrazione tra discipline scientifiche, umanistiche e atto estetico-intuitivo (Salomon, 2011).
Tra realismo e idealismo (Semper, 1992), tra teoria e pratica, contingenza e immanenza (Faroldi, 2025), essa è da sempre accompagnata da un persistente dibattito sullo scollamento fra formazione accademica e pratica professionale (Gutman, 1981; Farren, 2000).
La questione della formazione si inserisce nella più ampia e altrettanto storica diatriba fra modelli educativi "generalisti" di matrice crociana, che privilegiano una formazione culturale e teorica ad ampio spettro, facilmente adattabili alle mutevoli esigenze del mercato del lavoro, e modelli "professionalizzanti", che rispondono nell'immediato a necessità mirate (D'Emilio, 2020).
Tale dibattito va oggi aggiornato alla luce delle sfide della condizione contemporanea.
Da un lato, emergono pressanti urgenze ambientali e sociali che esplorano condizioni "postumane" (Braidotti, 2013), in un contesto connotato da un'economia globale dominata dalla cultura digitale e dalle incessanti trasformazioni tecnologiche. In questo scenario di costante policrisi, le possibilità di intervento progettuale o di indirizzo sul reale e le azioni concrete sembrano ridursi a blande operazioni di mitigazione. Un potenziale ripensamento degli approcci formativi al progetto di architettura deve rispondere alle nuove transizioni e affrontare le questioni teoriche e culturali della società (Campioli, 2025).
Dall'altro, le trasformazioni del sistema universitario – avviate con il Processo di Bologna e orientate al miglioramento dell'efficacia e dell'efficienza – hanno introdotto meccanismi per la valutazione della qualità nella didattica e ricerca, comportando una modifica dei profili dei docenti e delle modalità di reclutamento, aumentando il divario fra ricerca e attività professionale. Le attività di ricerca e la produzione scientifica hanno assunto un ruolo fondamentale e prevalente sia nelle modalità di assegnazione delle borse dottorali che nelle progressioni delle carriere, portando alla formazione di una nuova generazione di docenti, distanti dalla pratica professionale (Piątkowska, 2016). Inoltre, i meccanismi nazionali di monitoraggio della "Qualità della ricerca", determinanti per la distribuzione dei finanziamenti statali o interni agli atenei, hanno favorito forme di produttività (Menoni, 2017) basate su criteri quantitativi,

The practice of design as a vehicle for knowledge, between university and professional practice

Abstract. The education of architects is characterised by the integration of theoretical knowledge and professional practice. However, changes in the university system and the increasing specialisation of research have deepened the divide between academic training and professional work. Research, often focused on the development of guidelines and policy tools, tends to have limited or fragmented applications in the construction sector. In this context, the contribution explores the transfer of technology and knowledge between universities, institutions, and non-academic actors, highlighting the role of design as a research tool and the need for dialogue between academia, the profession, and the production sector to foster innovation.

Keywords: Design; Knowledge; Education; Research by design; Professional practice.

Introduction

The education of the architect is inherently characterised by a complex synthesis of scientific and humanistic disciplines, combined with an aesthetic-intuitive dimension (Salomon, 2011). Situated between the poles of realism and idealism (Semper, 1992), between theoretical inquiry and practical application, and between contingency and immanence (Faroldi, 2025), architectural training has long been the subject of debate regarding the disjunction between academic formation and professional practice (Gutman, 1981; Farren, 2000).
This debate is further embedded in the longstanding dialectic between "generalist" educational models – often rooted in Crocean philosophy – which emphasise a broad cultural and theoretical foundation adaptable to the evolving demands of the labour market, and "professionalising" models designed to meet specific, immediate operational needs (D'Emilio, 2020).
In light of the multifaceted challenges characterising the contemporary context, this debate calls for renewed critical reassessment.
Environmental and social urgencies are increasingly intertwined with "posthuman" conditions (Braidotti, 2013) within a global economy shaped by digital culture and relentless technological transformations. In this ongoing scenario of overlapping crises, the possibilities for project-based intervention or for exercising meaningful influence on reality appear limited to modest acts of mitigation. A potential rethinking of architectural design education must, therefore, address new transitional dynamics and engage with the evolving theoretical and cultural issues confronting society (Campioli, 2025).

ISSN online: 2239-0243 | © 2025 Author(s) | http://www.fupress.com/techne | DOI: 10.36253/techne-17446
Open access, peer-reviewed article published by Firenze University Press (https://www.fupress.com) and distributed, except where otherwise noted, under the terms of the CC BY 4.0 License for content and CC0 1.0 Universal for metadata

incentivando una specializzazione tematica votata alla riconoscibilità accademica alle scale nazionali e internazionali al suono delle «parole magiche: merito eccellenza valutazione» (Bertoni, 2016).
Questo ha orientato molte discipline del progetto verso un approccio più teorico e normativo, focalizzato alla produzione di linee guida, metodologie, sistemi di valutazione o esplorazioni tipologiche e compositive. Di conseguenza, due sono le principali derive: un tecnicismo spinto e formalismi di matrice *beauxartiana*. In entrambi i casi, ambedue le posizioni risultano spesso di difficile applicazione nel contesto reale delle costruzioni, poiché sono caratterizzate da una frammentazione disciplinare e dalla perdita di una visione sistemica, multidisciplinare e multidimensionale del progetto. Conseguentemente, i giovani ricercatori hanno poche opportunità di acquisire esperienza nelle diverse fasi del processo edilizio.
Da questa premessa il *paper* indaga le recenti evoluzioni nella pratica del progetto fra didattica e ricerca, accademia e professione, con l'obiettivo di valutarne possibili forme di integrazione per rafforzarne l'efficacia critica e propositiva nel contesto reale.

L'evoluzione del rapporto tra Università e pratica professionale

La trasformazione del sistema universitario, unita all'emergere di nuove forme di economia (globalizzazione, smaterializzazione, digitalizzazione, internazionalizzazione) ha ridefinito il ruolo della ricerca scientifica e la formazione culturale e professionale, generando anche saperi capaci di alimentare l'innovazione e favorire la crescita economica, sociale e culturale (Archibugi and Filippetti, 2011).
Senza condividere in toto le posizioni di Peter Buchanan[1] o di Patrik Schumacher[2] – che considerano la formazione poco rilevante per la pratica dell'architettura, ma funzionale ad aumentare le valutazioni e i finanziamenti accademici – è evidente la criticità del sistema formativo. Il ruolo dei docenti a contratto, spesso sovrastimato rispetto a quello della docenza strutturata ma utile per l'apporto nelle aule universitarie della pratica professionale, rappresenta insieme ai tirocini obbligatori il contributo del mondo della professione nella didattica universitaria – benché non automaticamente garanzia di qualità dell'insegnamento (Rhowbotham, 1995).
In Italia, la riconfigurazione del sistema universitario ha portato a una serie di riforme (che vietano ai docenti a tempo pieno l'attività professionale) che hanno progressivamente ridefinito il rapporto tra docenza accademica e attività professionale. Queste trasformazioni hanno avuto un impatto sulla centralità del progetto, nelle sue molteplici accezioni, sia all'interno della formazione universitaria nelle discipline dell'Architettura e del Design, sia nelle attività di ricerca influenzando il ruolo e il futuro delle "discipline del progetto" (Ricci, 2014) (Tab. 1).
Il confronto con l'attività di sperimentazione applicata[3] è invece ammesso per i docenti a tempo parziale (una percentuale minima di docenti, spesso estranei da compiti gestionali o da ruoli importanti all'interno dell'ateneo) o quale attività di ricerca attraverso formule non sempre lineari di interrelazione con l'esterno, fra cui Contratti di consulenza, ricerca e più raramente l'istituto dell'Accordo fra enti (ex. art. 15 L. 7 agosto 1990, n. 241) e la formula delle *start-up* e *spin-off*. Nel primo caso, si tratta di esplorazioni meta-progettuali e verifiche di fattibilità che, talvolta, in modo surrettizio celano la produzione di

Transformations within the university system-initiated through the Bologna Process and aimed at enhancing effectiveness and efficiency-have introduced mechanisms for quality assessment in teaching and research. These developments have significantly altered faculty profiles and recruitment processes, further widening the gap between academic research and professional practice. Research activities and scientific output have become central, dominant criteria in awarding doctoral scholarships and advancing academic careers, leading to the emergence of a new generation of faculty increasingly removed from professional practice (Piątkowska, 2016). Moreover, national mechanisms for monitoring research quality-crucial for the allocation of public and institutional funding-have encouraged productivity metrics based on quantitative indicators, fostering forms of thematic specialisation aimed at achieving academic recognition on national and international scales. This trend has been driven by the rhetoric of «merit, excellence, and evaluation» (Bertoni, 2016), reinforcing a research culture focused on output rather than on real world applicability (Menoni, 2017). As a result, early career researchers often lack opportunities to engage meaningfully with the full range of activities involved in the building process-such as planning, coordination with stakeholders, on-site construction management, and post-occupancy evaluation, limiting their practical understanding and ability to translate research into real world design solutions.
From this premise, the paper investigates recent developments in design practice at the intersection of education and research, academia and the profession, with the aim of exploring possible forms of integration capable of strengthening its critical and transformative impact in real world contexts.

The Evolving Relationship Between Universities and Professional Practice

The transformation of the university system-together with the emergence of new economic paradigms such as globalisation, dematerialisation, digitalisation, and internationalisation-has significantly redefined both the role of scientific research and the nature of cultural and professional education. These changes have fostered the development of knowledge capable of driving innovation and of contributing to economic, social, and cultural advancement (Archibugi and Filippetti, 2011).
Without fully embracing the positions of Peter Buchanan[1] or Patrik Schumacher[2]-who regard architectural education as having little relevance to professional practice and primarily serving to improve academic ratings and secure funding-it is nevertheless clear that the current educational system presents significant criticalities. The role of adjunct or contract lecturers, often overestimated in comparison to tenured faculty, yet essential for bringing professional practice into the classroom, along with mandatory internships, constitutes the primary contribution of the professional world to academic teaching. However, these elements do not automatically guarantee high quality instruction (Rhowbotham, 1995).
In the Italian context, the restructuring of the university system has led to a series of reforms-including restrictions that prohibit full-time faculty from

Tab. 01 | Principali riferimenti normativi che hanno riconfigurato il sistema universitario nazionale nel rapporto tra docenza accademica e attività professionale.
Key regulatory references redefining the national university system in relation to the interplay between academic teaching and professional practice.

| Tab. 01

REFERENCE	CONTENT
Distinction Between Full-Time and Part-Time Academic Appointments	
• Legge 28 luglio 1980, n. 382 "Riordinamento della docenza universitaria"	Introduces the distinction between full-time and part-time academic positions
•D.P.R. 11 luglio 1980, n. 382 "Riordinamento della docenza universitaria e relativa fascia dei ricercatori universitari"	Establishes the exclusivity obligation for full-time professors
Strengthening of the Exclusivity Requirement	
•Legge 9 maggio 1989, n. 168 "Istituzione del Ministero dell'Università e della Ricerca Scientifica e Tecnologica"	Grants university autonomy and assigns to universities the responsibility of regulating compatibility between teaching and other activities
•Legge 7 agosto 1990, n. 241 "Nuove norme sul procedimento amministrativo"	Introduces principles of transparency and rules of incompatibility for faculty members receiving professional appointments from public administration
•Legge 3 luglio 1998, n. 210 "Norme per il reclutamento dei ricercatori e dei professori universitari"	Prohibits full-time faculty from engaging in freelance professional practice, except under specific conditions (e.g., consultancy through the university)
•D.P.R. 19 ottobre 1998, n. 390 "Regolamento in materia di autonomia delle università"	University-authorized external appointments are regulated, while maintaining the exclusivity obligation for full-time faculty
Regulations on Professional Assignments and Design	
•Legge 11 febbraio 1994, n. 109 (Legge Merloni) "Legge quadro in materia di lavori pubblici"	Excludes universities from participating in public procurement design competitions
•D.Lgs. 12 aprile 2006, n. 163 "Codice dei contratti pubblici"	Declares incompatibility between academic roles and direct involvement in professional appointments. Universities are not considered economic operators in public procurement
Parere del Consiglio di Stato	
•Autorità per la Vigilanza sui Contratti Pubblici (2008)	University faculty are prohibited from exercising professional activities in competition with private entities
The Gelmini's Reform and the Current Framework	
•Legge 30 dicembre 2010, n. 240 "Riforma dell'Università" (Riforma Gelmini)	Imposes stricter limits on external activities for full-time faculty. Only consultancy within the university through formal agreements is permitted. Part-time faculty may continue freelance work
•Delibera ANAC 14 novembre 2018, n. 1049	Full-time university faculty are explicitly barred from engaging in freelance professional activities classified as "exclusive" by sector-specific laws
•DL 22 aprile 2023, n. 44	Confirms the ban on freelance professional activities, with allowances for consultancy work under certain conditions

fasi preliminari dello sviluppo progettuale, offrendo specifiche competenze di ricerca nello studio e valutazione di alternative d'intervento più difficilmente disponibili nell'attività professionale, oppure supportando la committenza (pubblica o privata) nella produzione autonoma di progetti con una conseguente semplificazione degli iter procedurali.

Nel secondo caso si tratta, almeno negli obiettivi del legislatore, di una soluzione virtuosa che consente agli enti pubblici, fra cui l'Università, di condividere competenze e conoscenze nello sviluppo di progetti. Tuttavia, questa possibilità è limitata alla condizione che siano introdotte significative innovazioni di approccio, processo o sperimentazioni, cui raramente è possibile ricorrere. Inoltre, attività di progettazione attraverso la partecipazione a concorsi di progettazione è generalmente ammessa, ma sempre più richiede gruppi di lavoro multidisciplinari e un impegno ingente a fronte di risultati meno certi o remunerativi.

Infine, *spin-off* e *start-up* accademici promossi da docenti, ricercatori, studenti o *ex* studenti sono attivati attraverso società di capitali, spesso in collaborazione con aziende o enti pubblici, con l'obiettivo di valorizzare la ricerca accademica e trasferire conoscenze e innovazioni tecnologiche al mercato, diventando sede di sviluppo di attività professionali innovative per la produzione e la commercializzazione di beni e servizi. Questa attività, che normativamente limita la progettazione, ma ne include in realtà gli esiti e i risultati, diventa una modalità faticosamente praticabile per i docenti architetti che si occupano di cultura e pratica progettuale innovativa.

L'efficacia di tali attività, tuttavia, richiede un'esperienza del progetto nella sua complessità sistemica e una conoscenza del settore produttivo per non ricadere in astrazioni (Schiaffonati, 2011).

Un rapido sguardo europeo[4] può essere utile per inquadrare come, in altri Paesi, questa separazione non sia scontata: si va da un grado alto di libertà come in UK[5] dove la libera professione è consentita, in parte anche *intra moenia*, o la Svizzera[6] con ampie libertà professionali, fino a posizioni più simili a quella italiana (anche se con maggiori gradi di libertà) di Francia[7] o Spagna. Nel contesto europeo è comunque sempre richiesto che siano gestiti eventuali conflitti di interesse e sia data priorità dell'Università.

Tuttavia, a fronte del progressivo scollamento fra pratica del progetto e ricerca, si assiste contemporaneamente ad una inversione dei ruoli (Si veda il numero 90 della rivista Architectural Design, Issue 2 "The Disruptors: Technology-Driven Architect-Entrepreneurs"). Sempre più i grandi studi a carattere internazionale, come Arup o Gensler fra i più noti, divulgano report di ricerca applicata che emergono secondo una metodologia induttiva a seguito della ingente mole di esperienza progettuale, definendo *trend* di innovazione e sviluppo o modelli progettuali in risposta a questioni specifiche di natura tecnologica o spaziale alle diverse scale di intervento. Oppure si attrezzano con specifici *think tank* (come lo studio OMA e l'ufficio ricerca AMO) che producono studi o definiscono nuovi approcci culturali alla trasformazione dell'ambiente costruito. Una vera e propria strategia commerciale che integra l'erogazione di servizi con uffici di *R&D* per connotare le competenze e ampliare la competitività sul mercato.

L'Università, sempre più stritolata dai tagli al Fondo di Finanziamento Ordinario (FFO) e minacciata dalle prospettive di decrescita nella didattica e delle relative entrate, frutto dell'inverno demografico del Paese, si aziendalizza nella spasmodica ricerca di finanziamenti esterni conto terzi o esito di bandi competitivi che rappresentano il nuovo orizzonte del reclutamento.

engaging in professional practice-that have progressively reshaped the relationship between academic teaching and professional activity. These changes have affected the centrality of design in its many forms, both within university education in the fields of Architecture and Design, and within research activities. As a result, they have influenced the role and future of the so-called "design disciplines" (Ricci, 2014) (see Table 1).

The comparison with applied experimentation activities[3] is, instead, permitted for part-time faculty members (a small percentage of professors, often not involved in administrative duties or key roles within the university), or as research activities conducted through non-linear forms of external collaboration, including consultancy contracts, research agreements, and more rarely, institutional arrangements such as entity agreements (e.g., Article 15 of Law No. 241 of 7 August 1990) and the frameworks of start-ups and spin-offs. In the former case, these activities consist of preliminary design explorations and feasibility assessments which, at times, covertly conceal the production of preliminary phases of project development, providing specialised research skills in the study and evaluation of intervention alternatives that are less accessible within professional practice, or supporting clients (both public and private) in the autonomous production of projects, thereby simplifying procedural workflows. In the latter case, according to legislative objectives, this represents a virtuous solution that enables public entities, including universities, to share expertise and knowledge in project development. However, this possibility is contingent upon the introduction of significant innovations in approach, process, or experimentation, which are seldom feasible. Furthermore, project activities through participation in design competitions are generally permitted, but increasingly require multidisciplinary teams and considerable commitment, often with uncertain or less remunerative outcomes.

Finally, academic spin-offs and start-ups initiated by faculty, researchers, students, or alumni are established as capital companies, frequently in collaboration with businesses or public institutions, aiming to enhance the value of academic research, and to transfer knowledge and technological innovations to the market. These entities become hubs for developing innovative professional activities related to the production and commercialisation of goods and services. Although these activities are normatively restrictive regarding design work, they effectively encompass its outcomes and results, representing a challenging but viable mode of practice for academic architects engaged in cultural and innovative design practice.

However, the effectiveness of such activities demands experience in managing projects within their systemic complexity, and a thorough understanding of the production sector to avoid falling into abstraction (Schiaffonati, 2011).

A brief European overview[4] may be useful to contextualise how, in other countries, this separation is not taken for granted. Indeed, freedom is high in the UK[5], where private practice is permitted even partially within the university, and in Switzerland[6], which enjoys broad professional liberties, whereas countries like France[7] and

Ne deriva uno spostamento verso le logiche di produttività e quantità, generando nuove forme di professionalità della ricerca.
Nell'apparente separazione fra ricerca e progetto, che solo superficialmente coincidono con accademia e professione, risiede un potenziale equivoco che richiede una riflessione sulle possibili biunivoche interrelazioni, ma soprattutto sulla necessità di un costante confronto con il contesto reale sociale economico produttivo e ambientale che ne generano e informano le ragioni e lo sviluppo.

La progettazione come strumento di ricerca

L'attività di progetto è correntemente praticata sia nelle attività didattiche come *problem based learning*, ma anche di ricerca universitarie, intesa come metodologia di indagine. Il progetto come "produttore di conoscenza" (Viganò, 2010) rappresenta una "forma specifica di interrogazione della realtà" dove la conoscenza per il progetto e la conoscenza attraverso il progetto sono approcci che soltanto l'architetto può assumere come non dissociabili.
Nell'ambito del *Research by Design* o *RbD* (Frayling, 1993; Verbeke, 2013; van Ouwerkerk, 2018), sviluppato a partire dalle esperienze di fine anni '90 in ambito anglosassone e olandese, il progetto è assunto quale strumento per esplorare problemi, testare ipotesi e sviluppare nuove conoscenze: applicato soprattutto nelle discipline del design e dell'architettura, assume un ruolo critico e speculativo per generare nuova conoscenza (Cross, 2007), proprio a partire dal rapporto (e dai rapporti) che si possono instaurare tra progetto e ricerca.
In questo contesto si colloca la distinzione proposta da Joost (Joost *et al*., 2016) tra le diverse categorie di ricerca, declinabili in *about*, *for*, *through* e *as* design, che si differenziano per la posizione assunta dal ricercatore rispetto all'oggetto stesso (non il *what* ma l'*how*).
Negli anni il *RbD* è stato articolato in differenti declinazioni, che possono essere funzionali ad indagare le varie forme in cui si è evoluta e re-inventata (o ridefinita) la relazione tra docenza e pratica professionale.
La Tabella 2 restituisce le principali declinazioni di *RbD* individuate nella letteratura, relazionate con le attività di ricerca universitarie e nel rapporto con il contesto esterno: assumendo le categorie del *RbD* come filoni di indagine propositivi, il confronto vuole creare un parallelismo tra forme di ricerca della progettazione ed equivalenti forme di ricerca in ambito accademico, esplicitando quali forme di ricerca trovino nell'esercizio "progettuale" dell'Università una corrispondenza, evidenziando potenziali sviluppi e valorizzare attività che qualificano le Università anche all'interno del mondo della progettazione.
Ma se la ricerca, nelle discipline del progetto, è stata assunta come pratica con sue connaturate peculiarità (Till, 2005), la rapida evoluzione economica e la crescente concorrenza stanno portando nel contesto internazionale ad un aumento della produzione di ricerca negli studi di architettura (Hensel and Nilson, 2019), anche di medie dimensione, alimentando un processo di ulteriore differenziazione degli ambiti ed approcci che favorisce la divaricazione fra accademia e professione (Aydemir and Jacoby, 2022). Da un lato si procede verso un progressivo affinamento della dimensione teorico scientifica di cui si lamenta la scarsa capacità di divulgazione e di interfaccia con la società (Cutiero, 2022). Dall'altro approcci *evidence based*, che si sviluppano a partire dai limiti e dalle potenzialità del reale

Spain presents conditions more similar to Italy's, albeit with somewhat greater freedom. Across the European context, the management of potential conflicts of interest and prioritisation of university commitments are always required.
However, amid the progressive divergence between design practice and research, a role reversal is simultaneously underway (see Architectural Design, Issue 2, "The Disruptors: Technology-Driven Architect-Entrepreneurs," No. 90). Increasingly, large international firms such as Arup or Gensler publish applied research reports derived through inductive reasoning from extensive design experience, identifying innovation trends and project models responding to specific technological or spatial challenges across multiple intervention scales. Alternatively, they establish dedicated *think tanks* (e.g., OMA's AMO research office) that produce studies or define new cultural approaches to transforming the built environment. This represents a genuine commercial strategy that integrates service delivery with research and development offices to characterise expertise and enhance market competitiveness.
Meanwhile, universities-constrained by cuts to the Fondo di Finanziamento Ordinario (Ordinary Financing Fund) and threatened by declining student enrolments and related revenues due to demographic decline-are increasingly operating like businesses in a frantic search for external funding through third-party contracts or competitive grants, which have become the new recruitment horizon. This shift results in an emphasis on productivity and quantity, generating new forms of research professionalism.
In the apparent separation between research and design, which only superficially correspond to academia and professional practice, lies a potential misunderstanding that calls for reflection on possible reciprocal interrelations, but above all, on the necessity of ongoing engagement with the real social, economic, productive, and environmental contexts that generate and inform the rationale and development of both spheres.

Design as a Research Tool

Design activity is commonly practiced both within educational settings-such as problem-based learning-and in university research, where it is understood as an investigative methodology.
Design as a producer of knowledge (Viganò, 2010) is a "specific form of inquiry into reality", wherein knowledge for design and knowledge through design are approaches uniquely intertwined and inseparable for the architect.
Within the framework of *Research by Design* (RbD) (Frayling, 1993; Verbeke, 2013; van Ouwerkerk, 2018), developed from late 1990s experiences in Anglo-Saxon and Dutch contexts, design is employed as a tool to explore problems, test hypotheses, and generate new knowledge. Predominantly applied in design and architectural disciplines, it assumes a critical and speculative role in the creation of new knowledge (Cross, 2007), rooted fundamentally in the relationship(s) that can be established between design and research.
In this context, the distinction proposed by Joost (Joost *et al*., 2016) is relevant, identifying different categories of research – "about, for, through, and as" design – which differ based on the researcher's position in relation to the object of study (focusing not on the "what" but on the "how").

Tab.02 | Il progetto come ricerca: principali declinazioni di RbD e loro possibili equivalenti nella ricerca universitaria.
Design as Research: Principal Variations of RbD and Their Potential Equivalents in Academic Research.

Tab. 02 |

RESEARCH BY DESIGN (RBD) VARIATIONS	EQUIVALENTS IN ACADEMIC ACTIVITIES
Research for design	
This approach aims to assist, guide, and develop design practice. Such research informs design practice and makes it possible through specific theoretical contributions that are applied within the design process	Research as theoretical support for design has long been developed in universities, with direct applications in teaching and the continuing professional development of practitioners, albeit with risks of being ancillary or overly specialized
Research into design	
This form primarily develops investigations aimed at understanding design as an activity and the work of designers	It represents the contribution of humanities and historical disciplines to the comprehension and research of architecture
Research through design	
This variant focuses partly on "meta-design" issues with the broader goal of generating theoretical knowledge rather than developing a solution for a particular case (Frankel & Racine, 2010). It also facilitates knowledge creation through design experimentation and monitoring to learn from the realized outcomes (Kieran & Timberlake, 2004)	While meta-design is a privileged activity within university research for developing knowledge through design exploration, learning through applied experimentation is more challenging-especially when it concerns the building product in its full complexity rather than merely materials, systems, or components
Research during design	
This occurs as an integral part of all design processes, where research activities support design practices within specific contexts (Stapleton, 2005)	This underpins agreements between public entities and universities, particularly when entities lack their own resources to develop innovative projects.[8] It is generally more straightforward for university design research compared to other practices that emerged post-reform. It also allows, similarly to other research opportunities, the involvement of students through internships where design practice resembles that of professional studios. An additional research dimension is present in university spin-offs and incubators, which aim to valorize research and facilitate technology transfer for the production of goods and services[9]
Research about design	
This research is undertaken to understand, inform, and improve design practices. It generates knowledge about the effectiveness of organizational models, methods, and tools for design, as well as how designers employ various design processes and develop their competencies	The analysis of design practices finds application in the continuing education of professionals, refresher courses, and curricular internships

supportati da una ricca comunicazione risultano di immediata efficacia, ma scaturiscono pur sempre da attività imprenditoriali inserite all'interno del contesto produttivo.
Ribadire questa accezione estesa di integrazione fra ricerca e progetto sottolinea l'attività progettuale nella sua dimensione critica, quale attività culturale, rafforzando nella didattica la necessità di acquisizione di consapevolezza e autonomia di giudizio (EUA, 2025), di conoscenza delle componenti *software* oltre che *hardware* (Ciribini, 1984), al di là di una pratica professionale intesa come mera attività tecnica asservita alle logiche commerciali (Hill, 2005) o di routine del settore delle costruzioni (Tafuri, 1973). In questo contesto, l'architetto non è più visto come un rifornitore, ma produttore (Biraghi, 2019).
Tale capacità critica naturalmente non può essere infatti autoreferenziale ma si sostanzia nel confronto con il reale, inteso nella sua dimensione sociale ed economico produttiva[10]. Eliminare l'incertezza e la complessità significa ignorare che il progetto dipenda da molteplici fattori esterni – politici, economici, sociali – trascurando al contempo vincoli finanziari ed esigenze dei fruitori (Till, 2013). In questa prospettiva va recuperata l'accezione "professionalizzante" della formazione non solo come esperienza diretta con le filiere produttive o l'implementazione di una dimensione manageriale economica ancora latitante[11], ma come acquisizione di conoscenza tecnica pertinente per un agire progettuale consapevole e proattivo, finalizzate ad un approfondimento concreto della cultura tipo-tecnologica e tecnica, intesa come dimensione indispensabile per affrontare la complessità delle sfide progettuali contemporanee[12].
L'impegno sociale della professione[13] e la responsabilizzazione come consapevole protagonista delle trasformazioni sono gli obbiettivi chiave della pratica concreta di una più informata integrazione fra progetto e ricerca nell'attività scientifica dell'accademia, orientata verso il superamento di una consolatoria astrazione e di isolati tecnicismi, contro un'atrofia in grado di tramutare sempre più i docenti in "pesci incapaci di riconoscere l'acqua, incapaci di riconoscere il contesto sociale vivente"[14]. Considerando ciò occorrerebbe, da un lato, un ripensamento sulla formazione dei giovani docenti e, dall'altro, se il progetto è ricerca, anche delle modalità attraverso cui viene valutata (Coleman, 2010). Una dimensione riflessiva occorre infatti non solo nella formazione, ma anche nella ricerca, affinché l'Università pubblica sia naturalmente in grado di attrarre interesse da parte del settore industriale e di assumere il ruolo di coscienza critica nei confronti sia dei processi produttivi sia di trasformazione dell'ambiente costruito. Quest'ultima riflessione richiama il pensiero di Wilhelm von Humboldt (1809), secondo cui l'accademia non dovesse essere subordinata agli interessi economici: la ricerca – per generare innovazione, costruire visioni future e coltivare conoscenze – pur conoscendo le dinamiche di mercato, non deve farsi guidare esclusivamente dalle richieste di esso, poiché rischierebbe di diventare un centro di risposte su commissione. Questo equilibrio tra autonomia e dialogo con il mondo esterno è certamente ancora necessario per rispondere al presente e anticipare il futuro.

Ripensare il rapporto tra didattica, ricerca e mondo produttivo

Il progetto come ricerca, che trascenda la pratica di un professionismo di routine incardinato (e allineato) nel mondo della produzione, al fine di acquisire e sviluppare una capacità critica del reale, suggerisce modelli di maggiore interazione fra

Over time, RbD has been articulated into various strands, each functional for investigating the diverse ways in which the relationship between teaching and professional practice has evolved, been reinvented, or redefined. Table 2 presents the main typologies of RbD identified in the literature, related to university research activities and their engagement with external contexts. By adopting the categories of RbD as proposed investigative strands, this comparison aims to establish parallels between forms of design research and corresponding forms of academic research, clarifying which modes of inquiry find correspondence within the university's "design" practice. This also highlights potential developments and makes the most of activities that enhance the role of universities within the broader design field.
While research in design disciplines has long been recognised as a practice with its inherent peculiarities (Till, 2005), rapid economic evolution and increasing international competition have led to a growth in research production within architectural firms (Hensel and Nilson, 2019), including those of medium size. This trend fuels a further differentiation of fields and approaches, exacerbating the divide between academia and professional practice (Aydemir and Jacoby, 2022). Indeed, there is a progressive refinement of the theoretical-scientific dimension, which is often criticised for its limited dissemination and poor interface with society (Cutiero, 2022). Moreover, evidence-based approaches, developed from the constraints and potential of real world contexts and supported by rich communication, tend to be immediately effective but nonetheless emerge from entrepreneurial activities embedded within the productive sector.
Reasserting this broad conception of integration between research and design underscores the critical dimension of design activity as a cultural endeavour. It reinforces the necessity in education to cultivate awareness and autonomy of judgment (EUA, 2025), alongside knowledge of both software and hardware components (Ciribini, 1984), moving beyond a professional practice seen merely as a technical service subordinated to commercial logic (Hill, 2005) or routine construction sector activities (Tafuri, 1973). Within this framework, the architect is no longer perceived as a mere supplier, but rather as a producer (Biraghi, 2019).
However, such critical capacity cannot be self-referential. It must be grounded in engagement with reality, understood in its social and socio-economic productive dimensions[10]. Eliminating uncertainty and complexity disregards the fact that design is contingent on multiple external factors-political, economic, and social-while simultaneously overlooking financial constraints and user needs (Till, 2013). From this perspective, it is essential to recover the "professionalising" aspect of education, not only as direct experience with production chains or the implementation of a still underdeveloped managerial and economic dimension[11], but as the acquisition of relevant technical knowledge for a conscious and proactive design practice. This should be oriented towards a concrete deepening of typological-technological and technical culture, understood as an indispensable dimension for addressing the complexity of contemporary design challenges[12].

accademia e professione sia nella ricerca che nella didattica, e con il settore industriale e società.
Nella didattica anche grazie alla messa in campo di programmi sperimentali a seguito dell'emergenza pandemica, è possibile progettare occasioni di confronto anche innovative e anche internazionali attraverso *workshop* o una pluralità di attività che offrono un contatto diretto con aziende o *stakeholder* che restituiscono esperienze concrete con le istanze dei territori e del settore industriale.
La promozione (e assunzione a indicatore di qualità) delle attività di Terza missione ha ulteriormente incentivato questo processo che potrebbe beneficiare dallo sviluppo di *network* e piattaforme per connettere docenti e studenti coinvolti in metodi educativi innovativi, in collaborazione con enti, comunità, attori pubblici e privati. Iniziative come "designbuildXchange" (EU), "Thinking While Doing" (USA) e "Live Projects Network" (UK) sono esempi, che prevedono gruppi di lavoro che progettino e realizzino le proprie opere fuori dall'Università (Madelaine, 2024). Oppure la possibilità di attivare seminari e *workshop* esterni al contesto universitario, per creare gruppi di lavoro misti tra insegnanti, studenti, progettisti e contesto produttivo, al fine di collaborare intensivamente su un progetto reale (Delaunay *et al*., 2024).
Modelli temporanei di reclutamento (*visiting professor*, alta qualificazione, *workshop*, ecc.) aprono l'interscambio con gli studenti anche a professionisti riconosciuti nel panorama nazionale e internazionale, sebbene non accessibili a tutti gli iscritti, stanti i grandi numeri di una Università di massa.
Un generale ripensamento degli strumenti e degli approcci pedagogici si amplia, anche nell'ottica di un accrescimento della qualità e dell'innovazione didattica legati al *Faculty Development*[15], soprattutto in contesti internazionali con programmi specifici per l'addestramento dei nuovi formatori (Andrews, 2021), dove anche a livello dottorale la *Research by Design* viene riconosciuta a pieno titolo come attività scientifica (Dunin-Woyseth and Nilsson, 2011).
Nella ricerca e per i ricercatori/docenti tali ibridazioni risultano maggiormente limitate. Meccanismi rigidi e prevalentemente quantitativi di valutazione della ricerca, che peraltro impediscono aprioristicamente di restituire se non in modo artefatto gli esiti di alcuni programmi sperimentali di didattica come quelli precedentemente nominati, o vincoli procedurali nella collaborazione di professionisti esterni alla ricerca, sembrano sempre più isolare l'accademia e i singoli settori disciplinari in una competitiva astrazione.
Restituire la pratica del progetto all'Università attraverso forme riconosciute e non sottotraccia, ad esempio, rafforzando o implementando formule quali l'Accordo fra enti in cui una più ricca disponibilità di competenze viene messa a servizio della collettività nell'ambito di interventi pubblici, può forse rappresentare una possibile strada, anche per formare, responsabilizzare e implementare la consapevolezza di nuove generazioni di ricercatori prevalentemente avulse dalla professione.
Persiste tuttavia e si rafforza una datata attitudine di diffidenza e pregiudizio fra i due mondi dell'accademia e degli ordini professionali, fra il sapere e il saper fare, che occorre superare per garantire efficacia reale al progetto come ricerca in tutte le sue potenzialità di etico intervento sul reale. Nel contesto italiano, caratterizzato da una polverizzazione degli studi di architettura[16] non sembrano raramente percorribili ipotesi di

The social commitment of the profession[13] and the responsibility of architects as conscious agents of transformation are key objectives for the practical integration of design and research within academic scientific activity. This integration seeks to overcome consolatory abstraction and isolated technicalities, which risk turning educators into "fish unable to recognise water, incapable of recognising the living social context"[14]. Considering this, a re-evaluation is needed both in the training of young faculty and, if design is research, in the methods through which it is assessed (Coleman, 2010). Reflective engagement is thus necessary not only in education but also in research, so that public universities can naturally attract interest from the industrial sector and assume the role of critical conscience with regard to both production processes and the transformation of the built environment. This final reflection echoes Wilhelm von Humboldt's (1809) thought that academia should not be subordinated to economic interests. Research-while cognizant of market dynamics-must not be exclusively driven by them, lest it become a mere centre for commissioned responses. Balancing autonomy with dialogue with the external world remains essential to adequately respond to present demands and anticipate future challenges.

Rethinking the relationship between teaching, research, and the productive sector

The conception of design as research that transcends routine professional practice embedded and aligned with the production industry-aimed at acquiring and developing a critical understanding of reality-suggests models of greater interaction between academia and professional practice, both in research and teaching, as well as with the industrial sector and society at large.
In teaching, especially through the implementation of experimental programmes prompted by the pandemic emergency, it has become possible to design innovative, often international, opportunities for exchange, such as workshops and various activities that foster direct contact with companies and stakeholders. These engagements provide concrete experiences linked to regional demands and industrial sectors.
The promotion-and the adoption as a quality indicator-of third mission activities has further encouraged this process, which could benefit from the development of networks and platforms connecting faculty and students involved in innovative educational methods, in collaboration with institutions, communities, and public and private actors. Initiatives such as "designbuildXchange" (EU), "Thinking While Doing" (USA), and the "Live Projects Network" (UK) exemplify this trend, involving working groups that design and implement their projects outside the university context (Madelaine, 2024). Similarly, organising seminars and workshops external to the university can create mixed teams of teachers, students, designers, and industry representatives to collaborate intensively on real projects (Delaunay *et al*., 2024).
Temporary recruitment models (visiting professors, high-level experts, workshops, etc.) open up exchanges between students and nationally or internationally recognised professionals, although access to such opportunities

diversificazione della ricerca fra quella universitaria e quella della professione. Attività di *lifelong learning* intese non quale trasferimento univoco di conoscenze teoriche ma quali occasioni di scambio, interazione e mutuo apprendimento[17], secondo modelli più aggiornati di pedagogia degli adulti potrebbero rappresentare una interessante opportunità per progettare nuove forme di fruttuosa ibridazione.
Vivere nell'Antropocene ci insegna che la stabilità delle certezze e metodologie disciplinari potrebbero non essere più adeguate. Le sfide della contemporaneità richiedono nuovi paradigmi progettuali per superare le forme dettate dal carbonio (Iturbe, 2019), per ripensare le filiere produttive dell'intero processo edilizio in termini circolari[18], che non possono essere affrontate solo con un approccio astratto o speculativo, ma richiedono un confronto diretto e sperimentazione nella realtà empirica del settore (Samuel, 2020). Richiedono pratiche ibride che si muovano fra i due mondi, quello del *problem solving* rafforzato dalla condizione della pratica professionale e quello del porre le giuste domande necessario ad una ricerca accademica di qualità (Voet *et al*., 2022).

NOTE

[1] Secondo cui nei dipartimenti "dottori di ricerca incaricano altri dottori di ricerca che conoscendo sempre di più su ambiti sempre più circoscritti non sono adeguati ad un tema generalista come l'architettura. Tuttavia, queste sono le persone che fanno schizzare le valutazioni e quindi i finanziamenti delle scuole anche se tale ricerca può essere inutile per la pratica dell'architettura" (Buchanan, 2012).

[2] Nelle slides del convegno: "Didattica dell'Architettura e Professione" (Roma, 3-4 giugno 2019) si legge: "Full times teachers without professional experience, using students for their own research, detachment from society's real needs, absence of standard curriculum".

[3] Terminologia all'interno della quale sempre più rari docenti danno conto delle proprie attività professionali nei curricula accademici, costretti dal pensiero dominante che non rappresenti attività scientifica (Boyer and Mitgang, 1990).

[4] European University Association (https://www.eua.eu/).

[5] UK Research and Innovation (https://www.ukri.org/) and Guardian University Guide (https://www.theguardian.com/education/universityguide).

[6] Swissuniversities (https://www.swissuniversities.ch/it/?r=1), Segreteria di Stato per la formazione, la ricerca e l'innovazione SEFRI (https://www.sbfi.admin.ch/sbfi/en/home.html).

[7] Agence française pour la promotion de l'enseignement supérieur, l'accueil et la mobilité internationale (https://www.campusfrance.org/fr).

[8] In ambito innovazione, si segnala l'esperienza del progetto-prototipo cHOMgenius, esempio di soluzione avanzata per l'abitare intelligente, sviluppata secondo i principi del *design for circularity* (realizzato *off-site*, con tecnologia a secco e completamente disassemblabile, dimostrando modalità costruttive sostenibili e replicabili). Il progetto è nato nell'ambito di un bando dedicato alle PMI in collaborazione con le Università, e nel caso di cHOMgenius ha visto il coinvolgimento di partner nazionali e internazionali. Attualmente, il prototipo ospita l'OFFLAB hard CIRCE^{DC} del Dipartimento ABC del Politecnico di Milano.

[9] In particolare:
– per promuovere ed organizzare la ricerca, anche applicata, all'interno dell'Ateneo, realizzata o meno in collaborazione con altri soggetti pubblici o privati;
– valorizzare economicamente i risultati della ricerca dell'Ateneo, anche mediante il trasferimento della tecnologia connessa alle creazioni intellettuali dei propri ricercatori;
– favorire la costituzione di società di capitali finalizzate alla produzione e alla commercializzazione di beni e servizi basati su un'innovazione

remains limited for many students in large universities.
A broader reconsideration of pedagogical tools and approaches is underway, also aimed at enhancing quality and innovation in teaching through Faculty Development[15] programmes-particularly in international contexts with specific training for new educators (Andrews, 2021) – where Research by Design is increasingly recognised as a legitimate scientific activity even at the doctoral level (Dunin-Woyseth and Nilsson, 2011). Such hybridisations are more limited in research activities and for researchers/educators. Rigid and predominantly quantitative evaluation mechanisms for research, which a priori hinder the genuine acknowledgment of outcomes from some experimental teaching programmes mentioned earlier, alongside procedural constraints in collaborating with external professionals, increasingly isolate academia and disciplinary sectors within a competitive abstraction.
Reintegrating design practice into the university through recognised and transparent forms-such as strengthening or implementing agreements between institutions where a richer pool of expertise serves the community within public projects-may be a viable path. This could also help train, empower, and foster awareness among new generations of researchers, who are often disconnected from professional practice.
However, an enduring and increasingly entrenched distrust and prejudice between academia and professional associations – between knowledge and know-how – persists and must be overcome to ensure the genuine effectiveness of design as research, fully realising its potential as an ethical intervention in reality. In the Italian context, characterised by a fragmentation of architectural practices[16], proposals to diversify research between university and professional spheres appear infrequently feasible. Lifelong learning activities, conceived not as a unidirectional transfer of theoretical knowledge but as occasions for exchange, interaction, and mutual learning[17] – following updated adult education models – could provide a valuable opportunity to design new forms of productive hybridity.
Living in the Anthropocene teaches us that the stability of disciplinary certainties and methodologies may no longer suffice. Contemporary challenges demand new design paradigms that transcend carbon-driven forms (Iturbe, 2019) and rethink the production chains of the entire construction process in circular terms[18]. These challenges cannot be addressed solely through abstract or speculative approaches but require direct engagement and experimentation within the empirical realities of the sector (Samuel, 2020). They call for hybrid practices that navigate between two worlds, namely problem-solving strengthened by professional practice, and posing the right questions essential to high quality academic research (Voet *et al*., 2022).

NOTES

[1] According to Buchanan (2012), in some departments "PhD holders delegate tasks to other PhDs who possess increasingly specialised knowledge in narrower fields and are therefore not adequately prepared to address a generalist theme such as architecture. However, these are the individuals who significantly boost evaluation

derivata dai risultati della ricerca d'Ateneo e, in quanto tali, coerenti con il fine della valorizzazione della ricerca.

[10] Tale confronto con il contesto reale rappresenta forse una specificità della tecnologia ambientale, rispetto ad altre discipline del progetto dove la relazione con un pensiero teorico contemporaneo rappresenta elemento di qualificazione del progetto come ricerca (Rossi, 2024).

[11] Come è emerso ad esempio da *focus group* di ascolto del mondo del lavoro organizzati dalla Scuola AUIC del Politecnico di Milano nel 2023.

[12] Si vedano, ad esempio, le sperimentazioni didattiche di progettazione condivisa con il mondo della produzione del settore delle costruzioni proposte all'interno del Laboratorio di Costruzione dell'Architettura (2024) o *Workshop* di progettazione sul tema del *Design for Circularity* che ha coinvolto gli studenti dei corsi della Scuola AUIC_Politecnico di Milano in una interlocuzione diretta con aziende del settore delle costruzioni, i cui risultati sono stati presentati alla fiera dell'edilizia MadeExpo 2023.

[13] "Ovvero la consapevolezza del ruolo e della responsabilità dell'architetto nella sua rispettiva società, nonché il miglioramento della qualità della vita attraverso insediamenti umani sostenibili" nota conclusiva del rapporto "UNESCO/UIA CHARTER FOR ARCHITECTURAL EDUCATION" (2011).

[14] Metafora dello scrittore David Foster Wallace durante il discordo della cerimonia della consegna dei diplomi del Kenyon nel 2005.

[15] Che promuove lo sviluppo di capacità e competenze del docente universitario, fornendo alternative di progettazione didattica e metodologie di insegnamento (Adamoli, 2024).

[16] La professione di architetto in Italia nel 2021, CNAPPC, (https://www.awn.it/component/attachments/download/3300).

[17] "Architectural research takes place in a broad societal and cultural context, connecting academy, practice, and continuing education. A clarification of this position is necessary, stimulating stronger links between (and intertwinement of) theoretical and practice-based research and between academic and professional arenas." (EAAE Charter on Architectural Research, *versione aggiornata approvata dalla EAAE General Assembly, Madrid 2022*).

[18] Un esempio è l'esperienza del Dipartimento di Architettura dell'Università di Scienze Applicate di Zurigo (ZHAW) legate al *Reuse in Construction*, metodi e strumenti per integrare materiali e componenti di recupero nei processi costruttivi del settore edilizio (Stricker *et al*., 2022).

REFERENCES

AAVV. (2020), *Architectural Design: Volume 90, Issue 2 – Special Issue: The Disruptors: Technology-Driven Architect-Entrepreneurs,* March/April 2020.

Adamoli, M. (2024), *Lo sviluppo dei docenti universitari tra progettazione didattica e ricerca*, Pensa MultiMedia, Lecce. ISBN: 9791255680505.

Andrews, M.W. (2022), "The mantra of architecture practitioners: Architectural education is detached from the profession. Healing the schism: The need for reformation in UK architecture education", *Journal of Problem-Based Learning*, Vol. 9, n. 1, pp. 4–12. Available at: https://doi.org/10.24313/jpbl.2021.00108.

Archibugi, D. and Filippetti, A. (2011), *Innovation and Economic Crisis: Lessons and Prospects from the Economic Downturn* (1st ed.), Routledge, Londra. Available at: 10.4324/9780203804513.

Aydemir, A. Z. and Jacoby, S. (2022), "Architectural design research: Drivers of practice", *The Design Journal*, Vol. 25, n. 4, pp. 657–674. Available at: 10.1080/14606925.2022.2081303.

Bertoni, F. (2016), *Universitaly. La cultura in scatola*, Laterza, Roma-Bari. ISBN:9788858124499.

Biraghi, M. (2019), *L'architetto come intellettuale*, Einaudi, Torino. ISBN: 9788806239923.

Boyer, E.L. and Mitgang, L.D. (1990), *Scholarship reconsidered: Priorities of professoriate*, The Carnegie Foundation for the Advancement of Teaching, Princeton.

Braidotti, R. (2013), *The Posthuman*, Polity Press, Cambridge. ASIN: 074564158X.

metrics and consequently the funding of schools, even if such research may be irrelevant to architectural practice".

[2] As noted in the slides from the conference Teaching Architecture and the Profession (Rome, June 3-4, 2019): "Full-time teachers without professional experience, using students for their own research, detached from society's real needs, absence of a standardised curriculum".

[3] Terminology under which an increasingly rare number of faculty report their professional activities in academic curricula, constrained by the dominant view that such activities do not constitute scientific research (Boyer and Mitgang, 1990).

[4] European University Association (https://www.eua.eu/).

[5] UK Research and Innovation (https://www.ukri.org/) and Guardian University Guide (https://www.theguardian.com/education/universityguide).

[6] Swissuniversities (https://www.swissuniversities.ch/en/), State Secretariat for Education, Research and Innovation SEFRI (https://www.sbfi.admin.ch/sbfi/en/home.html).

[7] Agence française pour la promotion de l'enseignement supérieur, l'accueil et la mobilité internationale (https://www.campusfrance.org/fr).

[8] In the field of innovation, the cHOMgenius prototype project stands out as an example of an advanced solution for smart living, developed according to the principles of design for circularity (built off-site, using dry construction technology, and studied to be fully disassembled – demonstrating sustainable and replicable construction methods). The project originated within a call for proposals dedicated to SMEs in collaboration with universities, and in the case of cHOMgenius, involved both national and international partners. Currently, the prototype hosts the OFFLAB hard CIRCE^{DC} of the ABC Department at the Politecnico di Milano.

[9] Specifically:
- to promote and organise research, including applied research, within the university, conducted independently or in collaboration with public or private entities;
- to economically enhance the value of research outcomes, including through technology transfer connected to intellectual creations by university researchers;
- to encourage the establishment of capital companies aimed at producing and commercialising goods and services based on innovations derived from university research results, thereby consistent with the goal of enhancing the importance of research.

[10] This engagement with real-world contexts may be a particular feature of environmental technology, in contrast to other design disciplines where the relationship with contemporary theoretical thought qualifies the design as research (Rossi, 2024).

[11] As emerged, for example, from labour market listening focus groups organised by the AUIC School of Politecnico di Milano in 2023.

[12] See, for example, the experimental teaching projects in collaborative design with the construction production sector conducted within the Architectural Construction Laboratory (2024), or design workshops on the theme of *Design for Circularity*, which involved students from AUIC_Politecnico di Milano in direct dialogue with construction companies. The results were presented at the MadeExpo 2023 building fair.

Buchanan, P. (2012), "The big rethink part 9: Rethinking architectural education", *The Architectural Review*, 28 September. Available at: https://www.architectural-review.com/archive/campaigns/the-big-rethink/the-big-rethink-part-9-rethinking-architectural-education (Accessed on 09/07/2025).

Campioli, A. (2025), "Teaching architectural design in transition time", in Faroldi, E. and Vettori, M.P. (Eds.), *FORMAMENTIS. For a Didactics of Architecture*, LetteraVentidue, Siracusa. ISBN: 9791256440238.

Ciribini, G. (1984), *Tecnologia e progetto,* Celid, Torino.

Coleman, N. (2010), "The limits of professional architectural education", *International Journal of Art & Design Education*, Vol. 29, pp. 200-212. Available at: https://doi.org/10.1111/j.1476-8070.2010.01643.x.

Cross, N. (2007), *Designerly Ways of Knowing*, Birkhäuser, Basilea.

Cutiero, A. (2022), "The architect-researcher: exploring new possibilities for the production of architecture". Available at: https://www.archdaily.com/975921/the-architect-researcher-exploring-new-possibilities-for-the-production-of-architecture (Accessed on 09/07/2025).

D'Emilio, M. (2020), *La Formazione dell'Architetto. Un'indagine tra lavoro, professione e università*, Tesi di Dottorato di Ricerca in Architettura – Teorie e Progetto, La Sapienza, Roma.

Delaunay, F., Laureau, V., Hoddé, R., Feveile, L., Hatzfeld, H. and Lagurgue, X. (2024), "Hors les murs : une nouvelle approche pédagogique en architecture ?", *Les Cahiers de la recherche architecturale urbaine et paysagère*. Available at: https://doi.org/10.4000/13351.

Dunin-Woyseth, H. and Nilsson, F. (2011), "Building a culture of doctoral scholarship in architecture and design. A Belgian-Scandinavian case", *Nordic Journal of Architectural Research*, Vol. 23, n. 1. Available at: https://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/157410/local_157410.pdf (Accessed on 09/07/2025).

EAAE (2022), *Charter on Architectural Research*. Available at: https://www.eaae.be/about/statutes-and-policypapers/eaae-charter-architectural-research/ (Accessed on 09/07/2025).

EUA (2025), "How universities can protect and promote academic freedom". Available at: https://www.eua.eu/images/publications/Publication_PDFs/Academic_freedom_principles.pdf (Accessed on 09/07/2025).

Faroldi, E. (2025), "Notes of a Professor", in Faroldi, E. and Vettori, M.P. (Eds.), *FORMAMENTIS. For a Didactics of Architecture*, LetteraVentidue, Siracusa. ISBN: 9791256440238.

Farren Bradley, J. (2000), "Learning in practice: A retreat, an opportunity or an imperative?", in Nicol, D. and Pilling, S. (Eds.), *Changing Architectural Education Towards a New Professionalism* Taylor & Francis, London, pp. 179–190.

Frayling, C. (1993), "Research in art and design", *Royal College of Art Research Papers*, Vol. 1, n. 1, pp. 1–5. Available at: https://doi.org/10.13140/RG.2.2.29588.18565 (Accessed on 29/11/2024).

Gutman, R. (1981), "Architettura: Gli sviluppi della professione", *Casabella*, No. 474, *Architettura. Quale Futuro?*, pp. 28–32.

Hensel, M.U. and Nilsson, F. (2019), *The changing shape of architecture: Further cases of integrating research and design in practice*, Routledge, New York.

Hill, J. (2005), "Criticism by design: Drawing, wearing, weathering", *Journal of Architecture*, Vol. 10, n. 3, pp. 285–293.

Iturbe, E. (2019), "Architecture And the Death of Carbon Modernity", *Log*, n. 47, *Overcoming Carbon Form*, pp. 10-23.

Joost, G., Bredies, K., Christensen, M., Conradi, F. and Unteidig, A. (2016), *Design as Research. Positions, Arguments, Perspectives*, Birkhäuser Verlag, Basel. ISBN: 9783035607406.

Kieran, S. and Timberlake, J. (2004), *Refabricating Architecture: How Manufacturing Methodologies Are Poised to Transform Building Construction*, McGraw-Hill, New York.

Madelaine, C. (2024), "La création de réseaux dédiés à l'enseignement design-build: mise en place, objectifs, enjeux depuis 2012", *Les Cahiers de la recherche architecturale urbaine et paysagère*. Available at: https://doi.org/10.4000/1334z.

[13] "That is, the awareness of the architect's role and responsibility within their respective society, as well as the improvement of quality of life through sustainable human settlements", concluding note from the UNESCO/UIA Charter for Architectural Education report (2011).

[14] Metaphor by writer David Foster Wallace during the Kenyon College commencement speech, 2005.

[15] Faculty Development promotes the growth of university teachers' skills and competencies, offering alternative approaches to course design and teaching methodologies (Adamoli, 2024).

[16] The architecture profession in Italy in 2021, CNAPPC, available online: https://www.awn.it/component/attachments/download/3300.

[17] "Architectural research takes place in a broad societal and cultural context, connecting academy, practice, and continuing education. A clarification of this position is necessary, stimulating stronger links between (and intertwinement of) theoretical and practice-based research, and between academic and professional arenas." (EAAE Charter on Architectural Research, updated version approved by the EAAE General Assembly, Madrid 2022).

[18] An example is the Department of Architecture at the Zurich University of Applied Sciences (ZHAW) related to "Reuse in Construction," involving methods and tools for integrating recovered materials and components into building processes within the construction sector (Stricker *et al*., 2022).

Menoni, S. (2017), "Valutare la qualità della ricerca in urbanistica e non solo", *Planum*, Vol. 35 n. 2. Available at: https://hdl.handle.net/11311/1039692 (Accessed on 09/07/2025).

Piątkowska, K. (2016), "Moving towards competence in teaching architecture: the relationship of research and design in academia", *Procedia Engineering*, Vol. 161, pp. 1476-1481. Available at: https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.08.613.

Rhowbotham, K. (1995), *Form to Programme: Speculative Examination of Architecture Concepts in Design and Teaching Practice* (1st ed.), Black Dog Publishing, London.

Ricci, L. (Ed.) (2014), *Sperimentare il progetto. Insegnamento e ricerca scientifica nelle scuole di architettura*, INU Edizioni, Roma.

Rossi, P. O. (2024) "Il progetto di architettura come prodotto di ricerca", *Proarch Intersezioni*, 01, pp. 81-89.

Salomon, D. (2011), "Experimental Cultures: On the 'End' of the Design Thesis and the Rise of the Research Studio", *Journal of Architectural Education*, Vol. 65, n.1, pp. 33-44. Available at: https://doi.org/10.1111/j.1531-314X.2011.01172.x (Accessed on 09/07/2025).

Samuel, F. (2020), *Social Value Toolkit for Architecture*, Royal Institute of British Architects, London.

Schiaffonati, F. (2011), "La finalità della progettazione nella formazione dell'architetto e dell'ingegnere", *TECHNE – Journal of Technology for Architecture and Environment*, n. 2, Firenze University Press, Firenze.

Semper, G. (1992), *Lo stile nelle arti tecniche e tettoniche, o Estetica pratica: manuale per tecnici, artisti e amatori*, Laterza, Roma.

Stapleton, A.J. (2005), "Research as Design-Design as Research", in *Digital Games Research Conference 2005*, Vancouver.

Stricker, E. *et al.*, (2022), *Re-Use in Construction: A Compendium of Circular Architecture*, Park Book. ISBN 13: 9783038602958.

Tafuri, M. (1973), *Progetto e utopia: Architettura e sviluppo capitalistico*, Laterza, Roma-Bari.

Till, J. (2005), *What is Architectural Research. Architectural Research: Three Myths and One Model*, Royal Institute of British Architects, London.

Till, J. (2013), *Architecture Depends*, The MIT Press, Cambridge (MA). ISBN: 9780262518789.

van Ouwerkerk, M. (2018), *Design as Inquiry: Research-by-Design and the Means of Architectural Production*, Delft University of Technology, Delft.

Verbeke, J. (2013), "Research by Design: A Framework for Digital Design Research", in Fraser, M. (Ed.), *Design Research in Architecture: An Overview*, Ashgate, Farnham.

Viganò, P. (2010), *I territori dell'urbanistica: il progetto come produttore di conoscenza*, Officina, Roma.

Voet, C., Schreurs, E. and Thomas, H. (Eds.) (2022), *The Hybrid Practitioner*, Leuven University Press, Leuven, pp. 9–18. Available at: https://doi.org/10.11116/9789461664556.

von Humboldt, W. (1809/1810), *Über die innere und äußere Organisation der höheren wissenschaftlichen Anstalten in Berlin*, Humboldt Universität, Berlino.

Trasferimento tecnologico e metodologie evolutive dei sistemi costruttivi

Massimiliano Nastri, https://orcid.org/0000-0003-3465-0039 massimiliano.nastri@polimi.it
Dipartimento di Architettura, Ingegneria delle Costruzioni e Ambiente Costruito, Politecnico di Milano, Italia

Abstract. Lo studio esamina gli orientamenti teorico-metodologici (intrapresi dal *Technology Research & Development Office,* nell'esercizio di Terza Missione) diretti alle pratiche di "sostituzione tecnologica" e di "ri-configurazione tipologica" dei sistemi costruttivi. L'approccio metodologico contempla le tecniche di trasformazione incrementale rivolte alla gestione/riduzione della complessità, a supporto sia degli *Architectural Engineering Services*, sia dei *Systems Manufacturing Stakeholders*. La tesi propone l'elaborazione di un metodo di valutazione inteso a determinare sia l'efficacia tecnico-economica e temporale delle procedure di evoluzione sistemica, sia i potenziali sviluppi di trasferimento calibrato dalle prassi proprie di *Topology Optimization* e di *Advanced Manufacturing*.

Parole chiave: Progettazione tecnologica e ambientale; Trasferimento tecnologico; *Implementation design*; *Design for assembly and manufacturing*; Sistemi costruttivi evoluti.

Obiettivi: pratiche evolute di gestione/riduzione della complessità dei sistemi costruttivi

Lo studio si inserisce all'interno del *background* scientifico della Progettazione Tecnologica e Ambientale, correlato alle teorie sulla Transizione Tecnologica (Ragulina, 2019) e declinato nei processi di "trasformazione adattiva", di "sostituzione tecnologica" e di "ri-configurazione tipologica" dei sistemi costruttivi (Swilling, 2020). Gli obiettivi riguardano gli orientamenti diretti alla gestione/riduzione della complessità nei processi progettuale, produttivo e costruttivo, concentrati sulle metodologie evolutive dei sistemi costruttivi. Lo studio contempla, quale apporto alle pratiche di trasferimento tecnologico verso le potenzialità/criticità e necessità/prospettive di innovazione, la trattazione delle attività svolte dal *Technology Research & Development Office*: questa intesa quale struttura multidisciplinare e interna alla particolare Unità Sperimentale Dipartimentale (di tipologia "*hard*", che sostiene le linee strategiche di ricerca), impegnata nell'esercizio di Terza Missione. Gli orientamenti metodologici assumono le azioni progettuali (come esercizio di *heuristic modelling design*, di *project efficiency consulting* e di *detailed/executive processing*) a supporto di specifici categorie di *stakeholders*, che necessitano di aumentare o di specializzare il proprio *know-how* in funzione delle variate condizioni e/o di inserimento in nuovi contesti di mercato, dei rinnovati assetti normativi, di partecipazione a progetti sottoposti a requisiti di ottimizzazione produttiva/costruttiva (Benneworth *et al*., 2015). Le azioni da parte del *Technology Research & Development Office* sono orientate a:

- gli *Architectural Engineering Services*, quali comparti di progettazione integrata impegnati nella formulazione di soluzioni tecnico-economico evolute (con l'attivazione di *cost-effective solutions*), nella razionalizzazione processuale (secondo criteri di anticipazione, simulazione e modellazione previsionale) e nelle modalità di *sustainable design* riferite al contenimento dei consumi (energetici, materici) e degli impatti ambientali;
- i *Systems Manufacturing Stakeholders*, quali operatori afferenti al settore produttivo, focalizzati sull'accrescimento prestazionale e commerciale di sistemi, componenti e/o elementi tecnici, e al settore costruttivo (nei modi di *off-site manufacturing*; Hu *et al*., 2019), protesi alla riduzione dei costi di capitale (secondo i principi di *design-to-target value*), all'ottimizzazione gestionale/organizzativa e al controllo (qualitativo) delle lavorazioni (Conti and Grimaldi, 2024).

Technology transfer and advanced methodologies of building systems

Abstract. The study examines the theoretical-methodological approaches (undertaken by the Technology Research & Development Office, in the Third Mission exercise) directed towards the practices of "technological substitution" and "typological re-configuration" of building systems. The methodological process involves incremental transformation techniques aimed at controlling and reducing complexity, supporting both Architectural Engineering Services and Systems Manufacturing Stakeholders. The thesis aims to provide an evaluation method to determine the technical, economic and time effectiveness of systemic evolution procedures, as well as potential transfer developments calibrated by the practices of Topology Optimisation and Advanced Manufacturing.

Keywords: Technological and environmental design; Technology transfer; Implementation design; Design for assembly and manufacturing; Advanced building systems.

Purposes: advanced control/complexity reduction practices for building systems

The study is carried out within the scientific background of technological and environmental design related to the theories of technological transition (Ragulina, 2019), and developed in the processes of "adaptive transformation", "technological substitution" and "typology re-configuration" of building systems (Swilling, 2020). The purposes concern approaches oriented to control/reduce complexity in design, production and construction processes, focusing on evolution methods of building systems. As a contribution to technology transfer practices towards innovation potential/criticalities and needs/perspectives, the study envisages a discussion of activities carried out by the Technology Research & Development Office. This is intended as a multidisciplinary structure within the particular Department Experimental Unit (the "hard" type, which supports strategic research lines) engaged in the Third Mission exercise. The methodological approaches take on project actions (as an exercise in heuristic modelling design, project efficiency consulting and detailed/executive processing) to support specific categories of stakeholders, which need to increase or specialise their know-how according to changing conditions and/or inclusion in new market contexts, renewed normative frameworks, and participation in projects subject to production/construction optimisation requirements (Benneworth *et al*., 2015). The

ISSN online: 2239-0243 | © 2025 Author(s) | http://www.fupress.com/techne | DOI: 10.36253/techne-17366
Open access, peer-reviewed article published by Firenze University Press (https://www.fupress.com) and distributed, except where otherwise noted, under the terms of the CC BY 4.0 License for content and CC0 1.0 Universal for metadata

Approccio metodologico: analisi delle procedure di trasformazione incrementale dei sistemi costruttivi

L'approccio metodologico contempla la rilevazione dell'impianto cognitivo e delle pratiche di trasformazione tecnologica e di trasferimento incrementale rivolte alla gestione/riduzione della complessità dei sistemi costruttivi di tipo tradizionale. Queste pratiche, teorizzate e applicate da parte del *Technology Research & Development Office* a supporto degli *Architectural Engineering Services e dei Systems Manufacturing Stakeholders*, sono trasposte attraverso l'adozione dei processi di *technology-rationalized design* per la "mutazione progressiva" dei sistemi costruttivi (in modo diverso dalla loro "re/invenzione") (Kwok *et al*., 2023). L'approccio metodologico si sviluppa attraverso l'analisi de:

1. le attività di *implementation design* (Wise and Vytasek, 2017), correlate ai modi di *conceptual information design* (Pontis, 2021) e al paradigma di *Reconfigurable Manufacturing System* (Najid *et al*., 2020), che comportano la fase di modellazione esecutiva (dei sistemi costruttivi tradizionali) e, poi, la fase di "prototipazione cognitiva ottimizzata" (identificata come *processing prototype*, ovvero come trasformazione tecnologica in forma incrementale e progressiva). Le attività di *implementation design* prevedono la concezione di modelli di stima, finalizzati a limitare le risorse materiali, economiche e temporali, caratterizzati da processi euristici e abduttivi che associano:
   – la razionalizzazione tipologica e quantitativa sia dei cicli sia dei costi di lavorazione, in accordo alle strategie di *Design for Assembly and Manufacturing*, basate sui criteri di pre-assemblaggio, sulla sequenzialità esecutiva, sulla risoluzione delle interfacce critiche e sulle tecniche di simulazione produttiva/costruttiva (Tan *et al*., 2020; Laovisutthichai and Lu, 2021);
   – la pianificazione, semplificazione e standardizzazione dei modi di installazione, di riduzione dei tempi e dei dispositivi di montaggio *on-site*, in accordo ai *Modern Methods of Construction* (Hyun *et al*., 2022; Roxas *et al*., 2023);
2. la determinazione del metodo di valutazione (sperimentale) inteso a comprendere la soglia dell'efficacia tecnico-economica e temporale dei risultati conseguenti alle attività di *implementation design*, rivolte alla trasformazione tecnologica e al trasferimento incrementale delle soluzioni sistemiche e costruttive tradizionali;
3. la rilevazione delle conseguenti opportunità/potenzialità di evoluzione funzionale, produttiva e ambientale dei sistemi costruttivi (o di loro parti) attraverso l'integrazione di forme successive di *Topology Optimization* e di *Advanced Manufacturing* (Donofrio, 2016; Cool *et al*., 2025).

Tesi proposta: modellazione valutativa per lo sviluppo ottimizzato dei sistemi costruttivi

La tesi assume gli orientamenti di trasformazione tecnologica diretti alla gestione/riduzione della complessità come procedimento di *implementation design*, che contempla:

1. l'indicazione/selezione/sottomissione del sistema costruttivo da parte dello *stakeholder* al Technology Research & Development Office, che viene sottoposto alla elaborazione

activities of the Technology Research & Development Office focus on:
– Architectural Engineering Services, as integrated design sectors engaged in the formulation of advanced technical-economic solutions (with the activation of cost-effective solutions), in the rationalisation of processes (according to the criteria of anticipation, simulation and predictive modelling), and in sustainable design methods referring to the reduction of consumption (energy, materials) and environmental impact;
– System Manufacturing Stakeholders, as operators involved in the production sector, addressing the performance and commercial improvement of systems, components and/or technical elements, and in the construction sector (in off-site manufacturing modes; Hu, *et al*., 2019), aimed at capital cost reduction (according to design-to-target value principles), management/organisational optimisation and (quality) control of fabrication (Conti and Grimaldi, 2024).

Methodological approach: analysis of incremental transformation processes of building systems

The methodological approach implies the detection of cognitive frameworks and practices of technological transformation and incremental transfer aimed at controlling/reducing the complexity of traditional building systems. Theorised and applied by the Technology Research & Development Office in support of Architectural Engineering Services and Systems Manufacturing Stakeholders, these practices are implemented through the adoption of technology-rationalised design processes for the "progressive mutation" of building systems (as opposed to their "re-invention"; Kwok, *et al*., 2023). The methodological approach is developed by:

1. analysing the implementation design activities (Wise and Vytasek, 2017) related to the conceptual information design modes (Pontis, 2021) and the Reconfigurable Manufacturing System paradigm (Najid *et al*., 2020), which include the executive modelling phase (of traditional building systems), and then the "optimised cognitive prototyping" phase (identified as a processing prototype, *i.e.* technological transformation in an incremental and progressive form). The implementation design activities involve the conception of estimate models aimed at limiting material, economic and time resources, characterised by heuristic and abductive processes that combine:
   – the typology and quantitative rationalisation of both cycles and fabrication costs, in accordance with Design for Assembly and Manufacturing strategies, based on pre-assembly criteria, executive sequences, resolution of critical interfaces and production/construction simulation techniques (Tan *et al*., 2020; Laovisutthichai and Lu, 2021);
   – the planning, simplification and standardisation of installation methods, time reduction and on-site assembly devices according to Modern Construction Methods (Hyun *et al*. 2022; Roxas *et al*., 2023);
2. determining the (experimental) evaluation method to understand the threshold of technical-economic

preliminare in forma di unità geometrico-dimensionale, funzionale e produttiva/costruttiva: questo considerando, come caso di studio sperimentale ed esemplificativo, un sistema di involucro/rivestimento reale (Montali *et al*., 2017; Wasim *et al*., 2020);

2. la fase di modellazione esecutiva del sistema costruttivo, rispetto al quale sono individuate le potenziali azioni progettuali di "sostituzione tecnologica" e di "ri-configurazione tipologica" mediante l'applicazione de:
   – i *Technical Hybridization Processes* e gli *Integrated Multi-Functional Systems*, secondo la "trasmutazione fisica" dei componenti, dei modi di assemblaggio e la combinazione di "composti prestazionali";
   – i principi di *Environmental Conscious Design*, secondo l'ausilio di prodotti a basso impatto ambientale, la conversione degli apparati massivi portanti con intelaiature/orditure caratterizzate da elevata resistenza meccanica, componibilità e adattabilità, i metodi di semplificazione esecutiva e di riparazione/smontaggio/sostituzione (Fig. 1);
3. la fase di "prototipazione cognitiva ottimizzata", secondo il metodo teso all'"evoluzione progressiva" e graduale del sistema costruttivo (trasferibile a molteplici ambiti, evitando l'eccessiva trasformazione fisica e materica che può condurre a divergenze valutative oltre che incisive verso altri sistemi). Questa fase si concreta quale esito del processo di riduzione della complessità componentistica e connettiva, nel mantenimento dei contenuti geometrico-dimensionali, morfologici e funzionali del sistema tradizionale (Fig. 2);
4. la fase di *evaluating prototype*, che riguarda l'analisi degli output emergenti sia dalla comparazione sia dall'interpolazione dei dati riferiti alla costituzione esecutiva e alla simultanea valutazione estimativa dei costi unitari per elemento/materiale (posato in opera), dei tempi unitari di costruzione e delle principali attrezzature di cantiere. La fase di valutazione permette di analizzare/acquisire, in termini di fattibilità, le situazioni di allineamento o di scostamento tra il modello esecutivo e il "prototipo cognitivo ottimizzato". Nel caso di studio sperimentale ed esemplificativo, riferito al sistema di involucro/rivestimento reale, emerge la situazione di scostamento risultante da:
   – l'incremento del costo unitario di costruzione del "prototipo cognitivo ottimizzato" rispetto al modello esecutivo tradizionale pari all'85,54%;
   – la riduzione dei tempi unitari di costruzione del "prototipo cognitivo ottimizzato" (rilevando l'esecuzione simultanea tra la quasi totalità dei moduli opachi e del modulo trasparente) rispetto al modello esecutivo tradizionale pari all'85,41% (Figg. 3, 4).

La tesi prosegue con la valutazione dell'efficacia delle procedure di "sostituzione tecnologica" e di "ri-configurazione tipologica" (secondo gli input applicati nella fase di *processing prototype* e gli output emersi dalla fase di *evaluating prototype*). L'efficacia delle pratiche in esame, quantificabile rispetto alla riduzione dei costi di capitale (attraverso lo studio sperimentale e la situazione di scostamento degli output), è stimata mediante la formulazione originale del "modello (analitico-metodologico) interattivo" che consente:

1. l'interpolazione tra i parametri e le metriche di valutazione, attraverso:
   – l'utilizzo della potenziale "quantità applicativa" (nel mo-

and temporal effectiveness of results emerging from *implementation design* activities aimed at technological transformation and incremental transfer of traditional systemic and construction solutions;

3. detecting subsequent opportunities/potential for functional, productive and environmental evolution of building systems (or parts thereof) through the integration of successive forms of Topology Optimisation and Advanced Manufacturing (Donofrio, 2016; Cool *et al*., 2025).

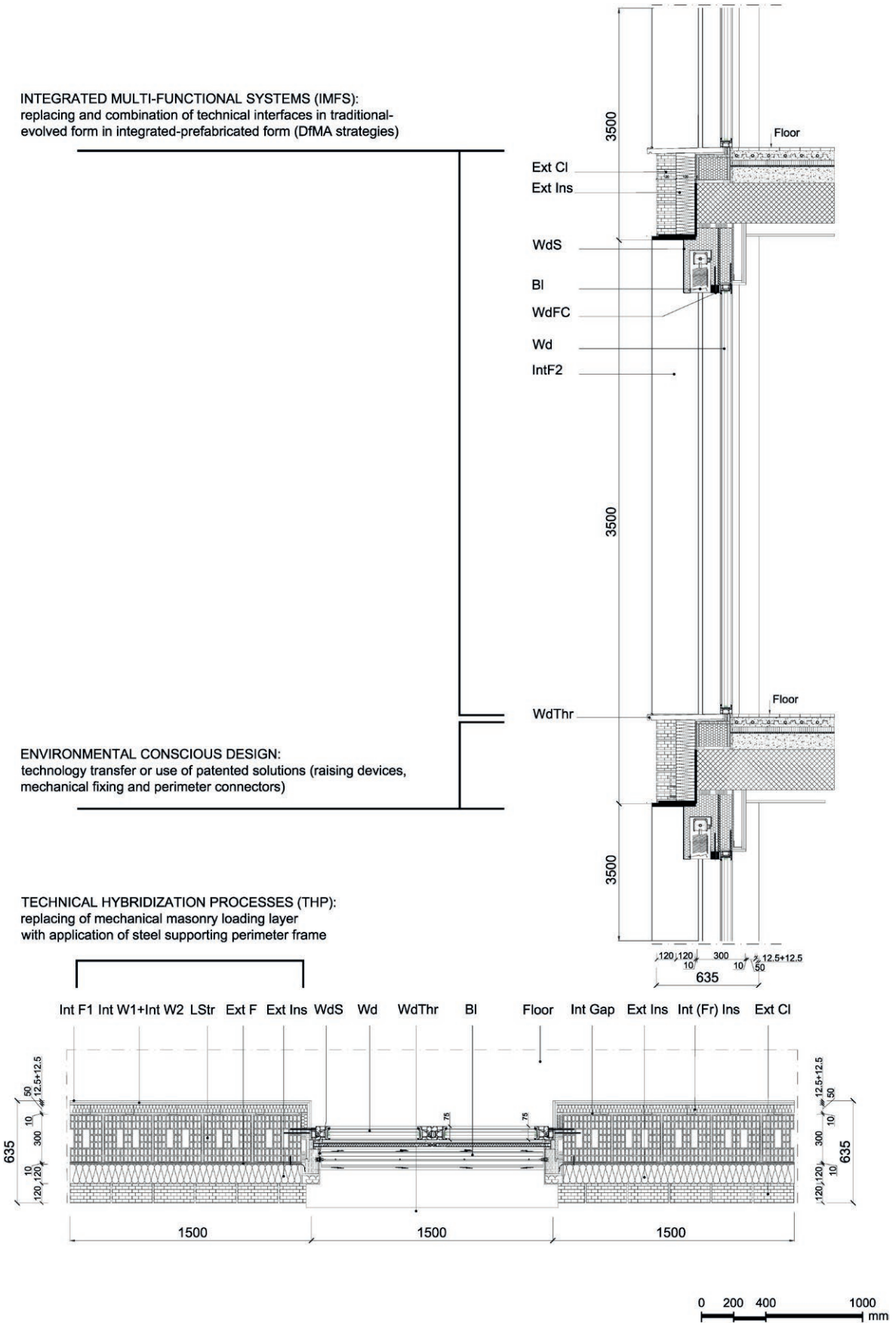
Thesis proposal: evaluative modelling for the optimised development of building systems

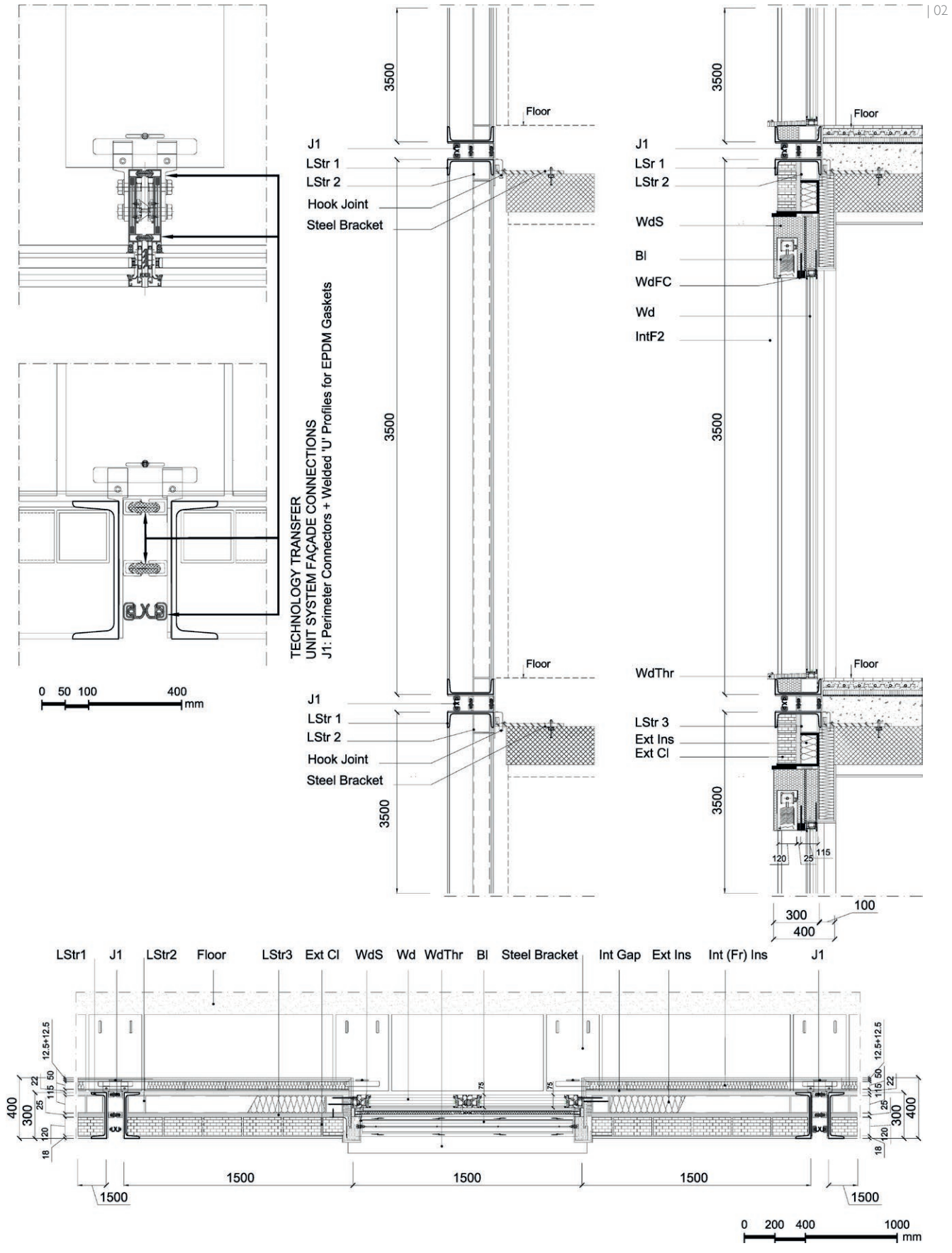
The thesis assumes the technological transformation approaches directed towards controlling/reducing complexity as an implementation design procedure, which contemplates:

1. the indication/selection/submission of the building system by the stakeholder to the Technology Research & Development Office. The project is subjected to preliminary processing in the form of a geometric-dimensional, functional and productive/constructive unit, considering, as an experimental and exemplifying case study, a real envelope/cladding system (Montali *et al*., 2017; Wasim *et al*., 2020);
2. the executive modelling phase of the building system, in relation to which the potential design actions of "technological substitution" and "typological re-configuration" are identified through the application of:
   – Technical Hybridisation processes and Integrated Multi-Functional Systems, according to the "physical transformation" of components, assembly modalities and the combination of "performance compounds";
   – the principles of Environmental Conscious Design, based on the use of products with a low eco-impact, the conversion of massive load-bearing supports with frames/edges characterised by high mechanical resistance, modularity and adaptability, the methods of simplification and repairing/disassembly/replacement (Fig. 1);
3. the "optimised cognitive prototyping" phase, in accordance with the method aimed at the "progressive evolution" and successive development of the building system (transferable to multiple fields, avoiding excessive physical and material transformation, which can lead to divergences in evaluation, while impacting other systems). This phase is the result of a process reducing the complexity of components and connections, while maintaining the geometric-dimensional, morphological and functional content of the traditional system (Fig. 2);
4. the evaluating prototype phase, which involves analysing the results of both the comparison and interpolation of data concerning the executive constitution and the simultaneous estimation of the unit costs per element/material (built in), the unit construction times and the main on-site tools. The evaluation phase allows analysis/acquisition, in terms of feasibility, of situations of alignment or divergence between the executive model and the "optimised cognitive prototype". In the experimental and exemplifying case study, referring to the real envelope/cladding

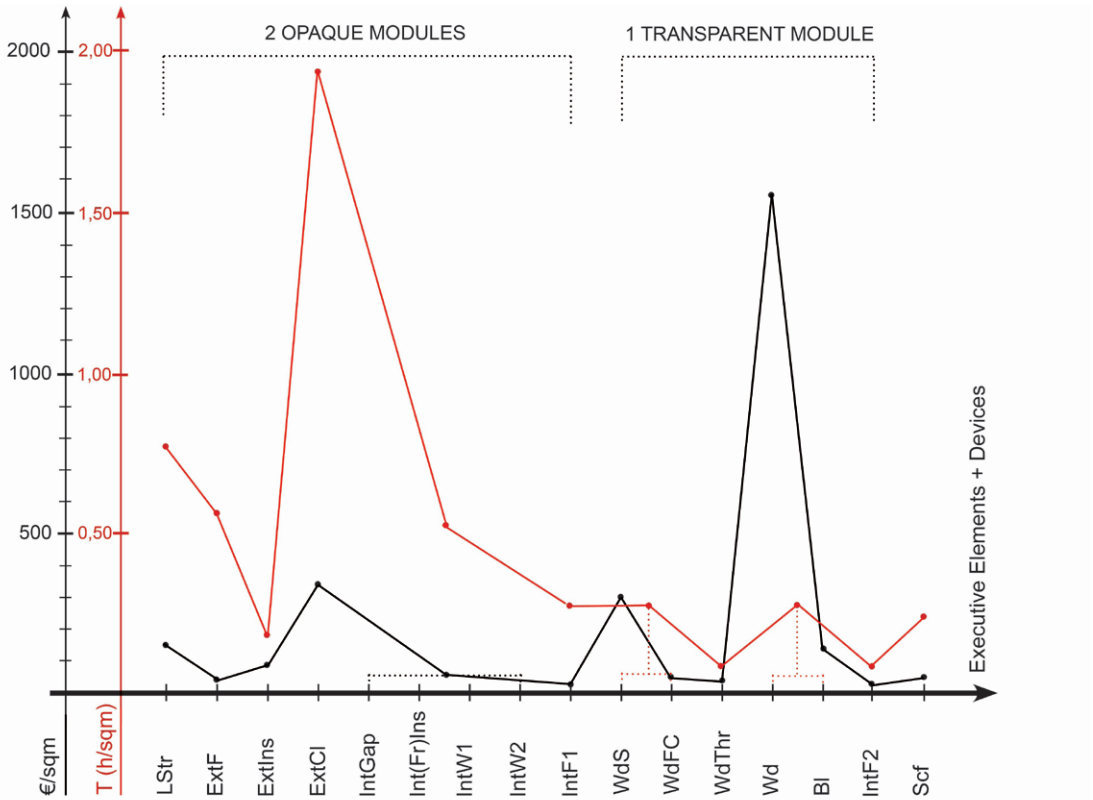
01 | Modellazione esecutiva di sistema costruttivo tradizionale, Autore e Fabio Grossi (Smart Manufacturer, SMV Costruzioni s.r.l.)
Executive modelling of traditional building system, Author and Fabio Grossi (Smart Manufacturer, SMV Costruzioni s.r.l.)

01 |




TECHNOLOGY TRANSFER
UNIT SYSTEM FAÇADE CONNECTIONS
J1: Perimeter Connectors + Welded 'U' Profiles for EPDM Gaskets
0 50 100 400 mm
3500
Floor
J1
LStr 1
LStr 2
Hook Joint
Steel Bracket
LSr 1
WdS
Bl
WdFC
Wd
IntF2
WdThr
LStr 3
Ext Ins
Ext Cl
120
25
115
300
400
100
LStr1
J1
LStr2
Floor
LStr3
Ext Cl
WdS
Wd
WdThr
Bl
Steel Bracket
Int Gap
Ext Ins
Int (Fr) Ins
J1
12.5+12.5
22
50
115
25
120
18
75
1500
0 200 400 1000 mm

03 |



2 OPAQUE MODULES
(b = 1,50 m; h = 3,50 m) × 2; S_{tot} = 10,50 sqm

Code	Elements	mm	€/sqm	h	h/sqm
LStr	Wall Structure Poroton Blocks	300	115,00	8	0,76
ExtF	Ext. Finishing Plaster	10	32,00	6	0,57
ExtIns	Ext. Insulation XPS/EPS	120	95,00	4	0,38
ExtCl	Ext. Cladding Brick Blocks Cement Glue Steel Bracket	120	345,00	20	1,90
IntGap	Air Gap	10	75,00	6	0,57
Int(Fr)Ins	Steel Framing Rockwool	50			
IntW1	Int. Counterwall Fbr Plasterboard	12,5			
IntW2	Int. Counterwall Plasterboard	12,5			
IntF1	Int. Finishing	0	10,50	3	0,29
		635	**672,50**	**38**	**3,62**
2 opaque modules cost (€)			**7.061,25**		

1 TRANSPARENT MODULE
(b = 1,50 m; h = 3,50 m) × 1; S_{tot} = 5,25 sqm

Code	Elements	mm	€/sqm	h	h/sqm
WdS	Integr. Window System	560	310,00	3	0,57
WdFC	False Ceiling		45,00		
WdThr	Threshold		25,00	1	0,19
Wd	Window Thermal Cut All. Framing Open. Panel Double Glazing	75	1.550,00	2	0,38
BI	Blind	10	135,00		
IntF2	Int. Finishing		20,00	1	19
		645	**2.085,00**	**7**	**1,33**
1 transparent module cost (€)			**10.946,25**		

2 OPAQUE + 1 TRANSPARENT MODULES
(b = 1,50 m; h = 3,50 m) × 3; S_{tot} = 15,75 sqm

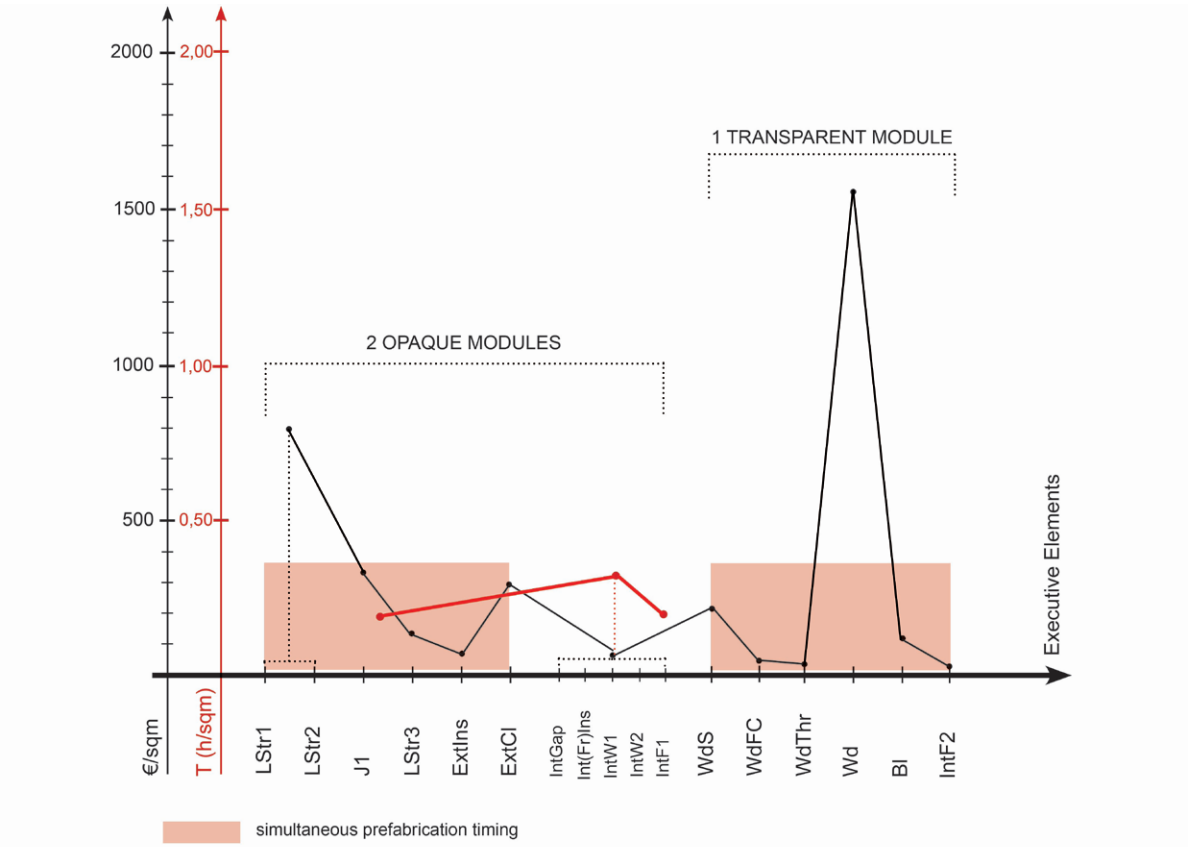
Code	Device	€/sqm	h	h/sqm
Scf	Scaffolding	**708,75**	**4**	**0,25**

2 OPAQUE + 1 TRANSPARENT MODULES
(b = 1,50 m; h = 3,50 m) × 3; S_{tot} = 15,75 sqm

Total cost (€)	€/sqm	h	h/sqm
18.716,25	**1.188,33**	**49**	**5,21**

OUTPUT

04 | *Evaluating prototype* del "prototipo cognitivo ottimizzato", Autore e Fabio Grossi (Smart Manufacturer, SMV Costruzioni)
Evaluating an "optimised cognitive prototype", Author and Fabio Grossi (Smart Manufacturer, SMV Costruzioni s.r.l.)



2 OPAQUE + 1 TRANSPARENT MODULES (b = 1,50 m; h = 3,50 m) × 3; S_{tot} = 15,75 sqm

Code	Elements	mm	€/sqm	sqm	Cost (€)	h	h/sqm
LStr1	1st Framing: Steel Profile UPN + hook joints + 4 steel brackets	300	801,22	15,75	12.619,25	3	0,19
LStr2	2nd Framing: Steel Tubolar Profile	115×115×6					
J1	Perimeter Connectors + Welded "U" Profiles for EPDM Gaskets	300×8	335,00	15,75	5.280,00		
LStr3	Panels ("Aquapanel")	12,5+12,5	150,00	15,75	2.362,50		
ExtIns	Stiferite	150	60,00	15,75	945,00		
ExtCl	Ext. Cladding: Brick Blocks + Cement Glue	120	290,00	10,50	3.045,00		
IntGap	Air Gap	10	75,00	10,50		6	0,38
Int(Fr)Ins	Steel Framing + Rockwool	50					
IntW1	Int. Counterwall: Fbr Plasterboard	12,5					
IntW2	Int. Counterwall: Plasterboard	12,5					
IntF1	Int. Finishing	0	10,50	10,50		3	0,19
WdS	Integr. Window System	385	220,00	5,25	1.155,00		
WdFC	False Ceiling		45,00	5,25	236,25		
WdThr	Threshold		25,00	5,25	131,25		
Wd	Window: Th. Cut All. Framing + Open. Panel + Double Glazing	75	1.550,00	5,25	8.137,50		
Bl	Blind	10	135,00	5,25	708,75		
IntF2	Int. Finishing		20,00	5,25	105,00		
		385	**2.204,79**		**34.725,50**	**12**	**0,76**
Total cost (€)					**34.725,50**		

OUTPUT

dello in esame, espressa dalla superficie di involucro/rivestimento);
- la determinazione dei tempi di esecuzione, e della loro differenza, relativi al modello esecutivo tradizionale e al "prototipo cognitivo ottimizzato";
- la determinazione sia del valore medio sia della riduzione dei costi indiretti di allestimento e gestione di cantiere, fino alla rilevazione del corrispondente costo unitario;
- il calcolo della differenza di costo unitario tra il modello esecutivo tradizionale e il "prototipo cognitivo ottimizzato";
- la configurazione preliminare dei trend di sviluppo degli output rispetto alla progressione della potenziale "quantità applicativa";

2. l'individuazione della "soglia di ottimizzazione", secondo l'allineamento economico tra il costo unitario del "prototipo cognitivo ottimizzato" e il costo unitario indiretto di gestione del cantiere, oltre la quale avviene la riduzione dei costi di capitale: ovvero, il "prototipo cognitivo ottimizzato" risulta vantaggioso a livello tecnico-economico e temporale (rispetto al modello esecutivo tradizionale), secondo i principi di *design-to-target value* (Fig. 5).

Osservazione dei risultati e proposte operative avanzate

Le pratiche eseguite dal *Technology Research & Development Office*, dirette alla gestione/riduzione della complessità dei sistemi costruttivi, confluiscono nell'espressione del "modello interattivo" e nell'individuazione della "soglia di ottimizzazione", intesi quale strumento e riferimento analitico orientati a:

1. la comprensione delle economie di scala per cui i processi di trasferimento incrementale e progressivo si dimostrano efficaci (rilevando, in forma sintetica e fattiva, la "quantità applicativa ottimale");
2. l'utilizzo circolare del "modello interattivo", agendo sugli indicatori e sui margini di *outcome* (ovvero, attraverso la trasformazione tecnologica degli input relativi alla variazione del valore medio e alla riduzione dei costi indiretti di cantiere) (Dewagoda *et al*., 2024; Prokhorova *et al*., 2024).

Gli esiti definiti dalla comprensione delle economie di scala e dalla possibilità di utilizzo circolare del "modello interattivo" costituiscono la base per l'approfondimento delle azioni progettuali, attraverso proposte metodologiche e operative avanzate, per il futuro e in modo originale, nel campo della Progettazione Tecnologica e Ambientale: questo prospettando sviluppi e dimensioni sia dell'ottimizzazione produttiva/costruttiva sia della sostenibilità verso gli *stakeholders* in esame. Le proposte avanzate riguardano il trasferimento calibrato di alcune prassi proprie della *Topology Optimization* e dell'*Advanced Manufacturing* nei confronti de:

1. gli *Architectural Engineering Services* (durante la fase di *processing prototype*) mediante la concezione di formule prestazionali specializzate dei sistemi costruttivi attraverso:
   - il trasferimento "endogeno", ovvero dagli ambiti di prefabbricazione avanzata delle interfacce strutturali e connettive dei sistemi meccanici (rispetto al funzionamento degli *unitized systems*, basati su tecniche di *framing/joint optimization*);

system, the divergent situation results from:
- the 85.54% increase in the unit construction cost of the "optimised cognitive prototype", compared to the traditional executive model;
- the 85.41% reduction of the unit construction time of the "optimised cognitive prototype" (considering the simultaneous building of almost all opaque and transparent modules), compared to the traditional executive model (Figs. 3, 4).

The thesis proceeds with an evaluation of the effectiveness of "technology substitution" and "type re-configuration" procedures (according to the inputs applied in the processing prototype phase, and the outputs from the evaluating prototype phase). The effectiveness of the examined practices, which can be quantified in terms of reducing capital costs (through the experimental study and the output deviation situation), is estimated through the original formulation of the "interactive (analytical-methodological) model", which allows:

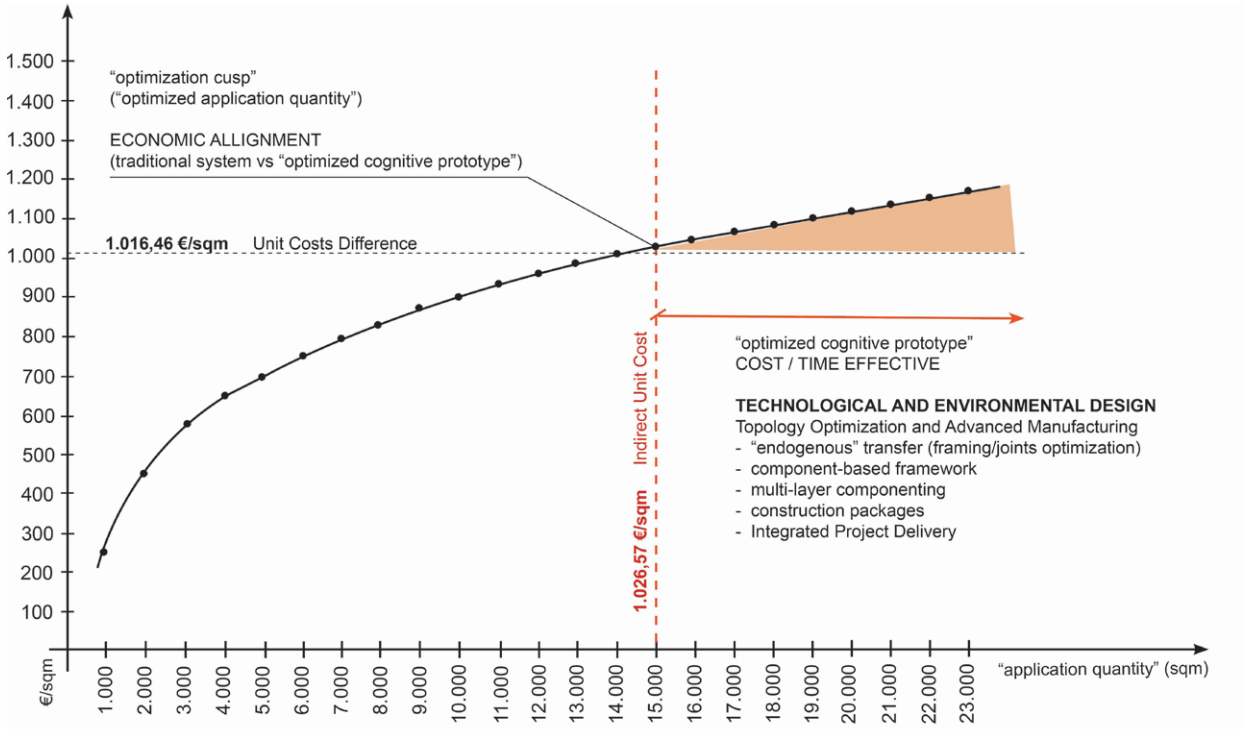
1. the interpolation between parameters and evaluation metrics, through:
   - the use of the potential "application quantity" (in the examined model expressed by the envelope/cladding surface);
   - the determination of the construction times, and their difference, related to the traditional building system and the "optimised cognitive prototype";
   - the determination of both the average value and the reduction of indirect setting-up, keeping and management of on-site costs, up to recognition of the corresponding unit costs;
   - the computation of the unit cost difference between the traditional building system and the "optimised cognitive prototype";
   - the preliminary development trends of the output in terms of progression of the potential "application quantity";
2. the identification of the "optimisation cusp", according to the economic alignment between the unit cost of the "optimised cognitive prototype" and the indirect unit cost of site management, above which the reduction in capital costs is achieved: *i.e.* the "optimised cognitive prototype" becomes effective and economically/temporally advantageous compared to the traditional building system, according to the principles of design-to-target *value* (Fig. 5).

Observation of results and operative proposals

The practices carried out by the Technology Research & Development Office, aimed at controlling/reducing the complexity of building systems, lead to the expression of the "interactive model" and the recognition of the "optimisation cusp", understood as an analytical tool and reference, oriented towards:

1. explaining the economies of scale for which incremental and progressive transfer processes are effective (with reference to the "optimal application quantity" in a short and factual statement);
2. the circular use of the "interactive model", working on result indicators and ranges (*i.e.* through the technological transformation of inputs related to the change in the average value and the reduction of

05 | "Modello interattivo" e rilevazione della "soglia di ottimizzazione", Autore e Fabio Grossi (Smart Manufacturer, SMV Costruzioni)
"Interactive model" and drafting of "optimisation cusp", Author and Fabio Grossi (Smart Manufacturer, SMV Costruzioni s.r.l.)



"application quantity"	1.000		2.000		3.000		4.000		15.000	
Const. Time 1	5,21 h/mq	5.206,35 work h	5,21 h/mq	10.412,70 work h	5,21 h/mq	15.619,05 work h	5,21 h/mq	20.825,40 work h	5,21 h/mq	78.095,24 work h
Work Av. 1	162,70 work d	**7,07 months**	325,40 work d	**14,15 months**	488,10 work d	**21,22 months**	650,79 work d	**28,30 months**	2.440,48 work d	**106,11 months**
Const. Time 2	0,76 h/sqm	761,90 work h	0,76 h/sqm	1.523,81 work h	0,76 h/sqm	2.285,71 work h	0,76 h/sqm	3.047,62 work h	0,76 h/sqm	11.428,57 work h
Work Av. 2	23,81 work d	**1,04 months**	47,62 work d	**2,07 months**	71,43 work d	**3,11 months**	95,24 work d	**4,14 months**	357,14 work d	**15,53 months**
Const. Time Difference	**6,04 months**		**12,08 months**		**18,12 months**		**24,15 months**		**90,58 months**	
Av. Value Ind. Costs	**45.000,00**		**75.000,00**		**95.000,00**		**105.000,00**		**170.000,00**	
Saving Ind. Costs	**271.739,13**		**905.797,10**		**1.721.014,49**		**2.536.231,88**		**15.398.550,72**	
Ind. Unit Costs	**271,73**		**452,90**		**573,67**		**634,06**		**1.026,57**	
OUTPUT 1	1.188,33		1.188,33		1.188,33		1.188,33		1.188,33	
OUTPUT 2	2.204,79		2.204,79		2.204,79		2.204,79		2.204,79	
Unit Costs Difference	**1.016,46**		**1.016,46**		**1.016,46**		**1.016,46**		**1.016,46**	

"application quantity": potential envelope/cladding system surface (sqm)
Const. Time 1: Construction Time (traditional system)
Work. Av. 1: Work on Average (traditional system) of 3/4 operators/day (h work/ h 8 × 4)
Const. Time 2: Construction Time ("optimized cognitive prototype")
Work. Av. 2: Work on Average ("optimized cognitive prototype") of 3/4 operators/day (h work/ h 8 × 4)
Const. Time Difference: Construction Times Difference (between traditional system and "optimized cognitive prototype")
Ind. Costs Av. Value: Average Value Indirect Costs (€): setting-up, keeping and management site
Saving Ind. Costs: Saving Indirect Costs (€): setting-up, keeping and management site (45.000,00 € × Δ months)
Ind. Unit Costs: Indirect Unit Cost (€/sqm)
OUTPUT 1: traditional system Unit Cost (€/sqm)
OUTPUT 2: "optimized cognitive prototype" Unit Cost (€/sqm)
Unit Costs Difference: Unit Costs Difference between "optimized cognitive prototype" and traditional system (€/sqm)
work h: work hours
work d: work days

– le tecniche di *component-based framework* (ovvero, attraverso la modulazione di apparati a intelaiature multiple o "continue", spesso ottenute da *molding processes*) per l'integrazione di *pre-engineered* o *fabrication-ready components* (nel riferimento ai modi di *multi-functional parts design*) (Mesa *et al*., 2020) (Fig. 6);

2. i *Systems Manufacturing Stakeholders* (durante la fase di *evaluating prototype*) mediante la concezione di formule organizzative, gestionali e produttive di tipo *lean* (Arashpour, *et al*., 2017) attraverso:
   – le tecniche di *multi-layer componenting*, capaci di ridurre le emissioni di carbonio (pari al 25%, per superficie unitaria), conseguenti al trasporto (convogliando elementi tecnici, prodotti e materiali presso i *logistics hubs*, attrezzabili anche per le operazioni di assemblaggio *off-site*), i costi energetici, i consumi d'acqua e i tempi di costruzione *on-site* (pari al 30÷40% rispetto ai sistemi tradizionali) (LandSec, 2024);
   – la costituzione di filiere (nei modi di *co-working* per la composizione di *construction packages*), costituite da "piattaforme aperte" (quali *supply chain nodes*), operative in modalità continue e/o flessibili e adattabili (Fig. 7);
   – la partecipazione ad attività di *Integrated Project Delivery*, in connessione "di scopo" con i *Multi-Utility Services*, mediante la progettazione di sistemi costruttivi ottimizzati soprattutto per interventi di elevate dimensioni quantitative (Fig. 8).

REFERENCES

Arashpour, M., *et al.* (2017), "Optimizing decisions in advanced manufacturing of prefabricated products: Theorizing supply chain configurations in off-site construction", *Automation in Construction*, Vol. 84, pp. 146-153. Available at: https://doi.org/10.1016/j.autcon.2017.08.032.

Benneworth, P., de Boer, H. and Jongbloed, B. (2015), "Between good intentions and urgent stakeholder pressures", *European Journal of Higher Education*, Vol. 5, n. 3, pp. 280-296. Available at: https://doi.org/10.1080/21568235.2015.1044549.

Conti, G. and Grimaldi, R. (2024), *Knowledge Share: the (R)evolution of Technology Transfer*, Springer, Cham. Available at: https://doi.org/10.1007/978-3-031-51384-8.

Cool, V., Aage, N. and Sigmund, O. (2025), "A practical review on promoting connectivity in topology optimization", *Structural and Multidisciplinary Optimization*, Springer, Vol. 68, n. 73. Available at: https://doi.org/10.1007/s00158-025-04004-z.

Dewagoda, K. G., *et al.* (2024), "Design for Circular Manufacturing and Assembly (DfCMA): Synergising Circularity and Modularity in the Building Construction Industry", *Sustainability*, Vol. 16, pp. 27. Available at: https://doi.org/10.3390/su16219192.

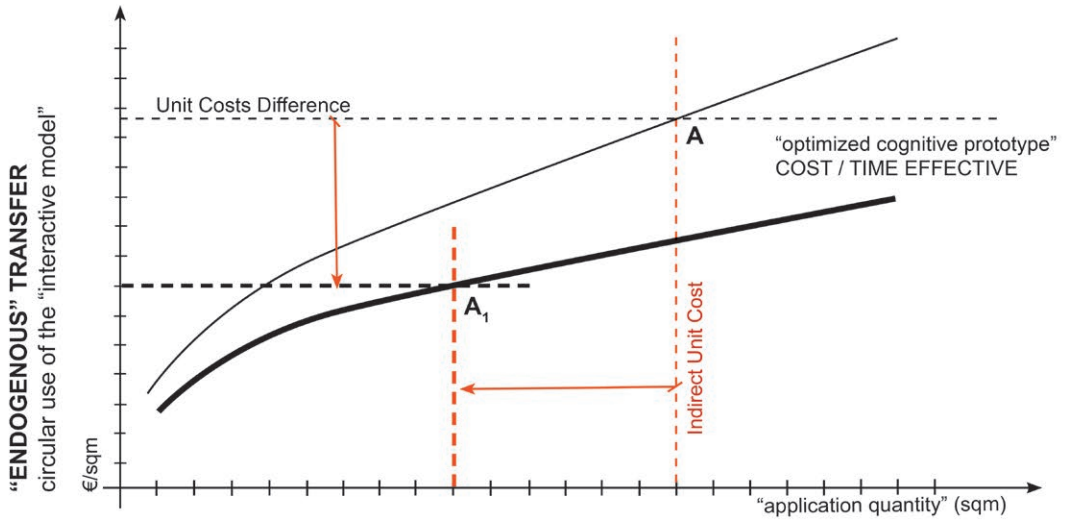
Donofrio, M. (2016), "Topology Optimization and Advanced Manufacturing as a Means for the Design of Sustainable Building Components", *Procedia Engineering*, Vol. 145, pp. 638-645. Available at: https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.04.054.

Hu, X., *et al.* (2019), "Understanding Stakeholders in Off-Site Manufacturing", *Journal of Construction Engineering and Management*, Vol. 145, n. 8, pp. 40. Available at: https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.000167.

Hyun, H., Kim H.-G., Kim, J.-S. (2022), "Integrated Off-Site Construction Design Process including DfMA Considerations", *Sustainability*, Vol. 14, n. 7. Available at: https://doi.org/10.3390/su14074084.

indirect on-site costs; Dewagoda, *et al*., 2024; Prokhorova, *et al*., 2024).
The outcomes defined by understanding economies of scale and the possibility of the circular use of the "interactive model" are the basis to deepen project actions, through methodological and operative proposals, in an original way for the future, in the field of Technological and Environmental Design. This is achieved by exploring developments and dimensions of both production/construction optimisation and sustainability towards the *stakeholders* under examination. The proposals concern the calibrated transfer of some Topology Optimisation and Advanced Manufacturing practices to:

1. the Architectural Engineering Services (during the *processing prototype* phase) by developing specialised performance forms for building systems, through:
   – "endogenous" transfer, *i.e.* from the fields of advanced prefabrication of structural and connective interfaces of mechanical systems (referring to the functioning of unitised systems, achieved with "framing/joint optimisation" techniques);
   – *component-based framework* techniques (*i.e.* through the modulation of multiple or "continuous" framing devices, often obtained by molding processes) for the integration of pre-engineered or fabrication-ready components (referring to the multifunctional parts design modes; Mesa *et al*., 2020) (Fig. 6);
2. the Systems Manufacturing Stakeholders (during the evaluating prototype phase) by drafting lean organisation, management and production forms (Arashpour, *et al*., 2017) through:
   – the multi-layer component techniques, capable of reducing carbon emissions (by 25% per unit area), transport (by conducting technical elements, products and materials to logistics centres that can also be equipped for off-site assembly), energy costs, water consumption and on-site construction time (by 30÷40% compared to traditional systems; LandSec, 2024);
   – the constitution of networks (in the modes of *co-working* for the composition of construction packages), consisting of "open platforms" (such as supply chain nodes), operating in continuous and/or flexible and adaptable modes (Fig. 7);
   – the participation in Integrated Project Delivery activities, operating in a "scope" connection with Multi-Utility *Services*, through the design of optimised construction systems, especially for high volume works (Fig. 8).

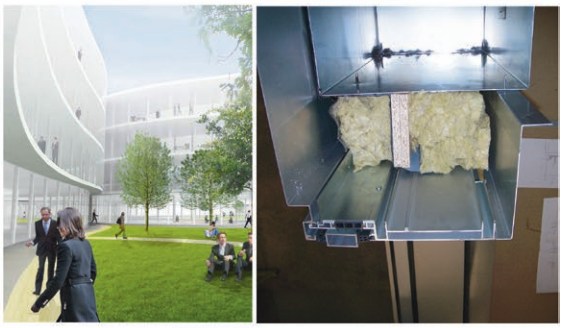


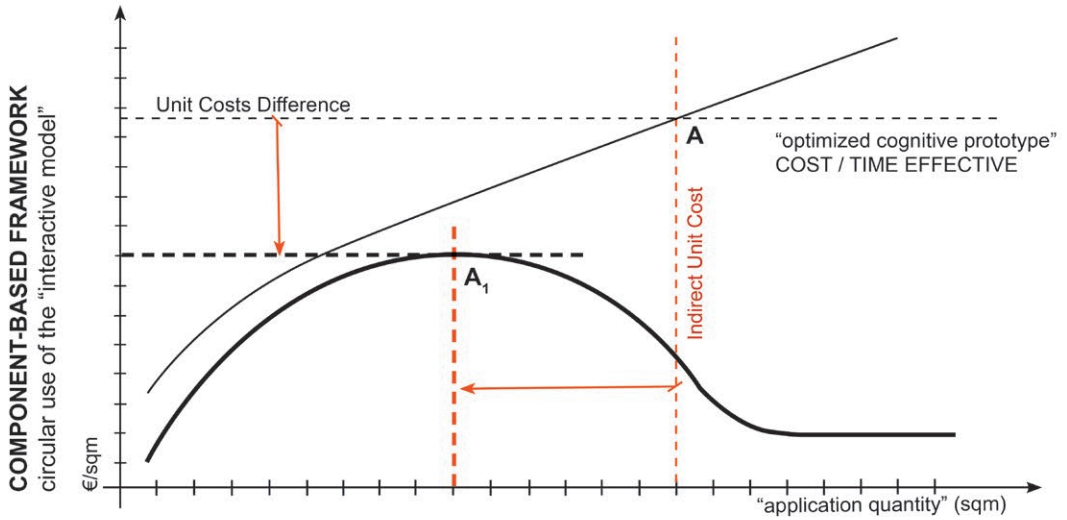
Critical rating
full-height envelope modules interposed to horizontal structures

"traditional system" (applicable)
construction on-site (*stick system* or *structural system*)

"optimized cognitive prototype"
framing/joint optimization techniques (processing of *hybrid unit system*)
- optimized topology: intrados/extrados application of adjustable substructures to the modules' upper/lower transoms

Technology transfer project
Massimiliano Nastri, Concept design, Architectural Engineering Services of SANAA, Campus of Commercial University "Luigi Bocconi", Milan





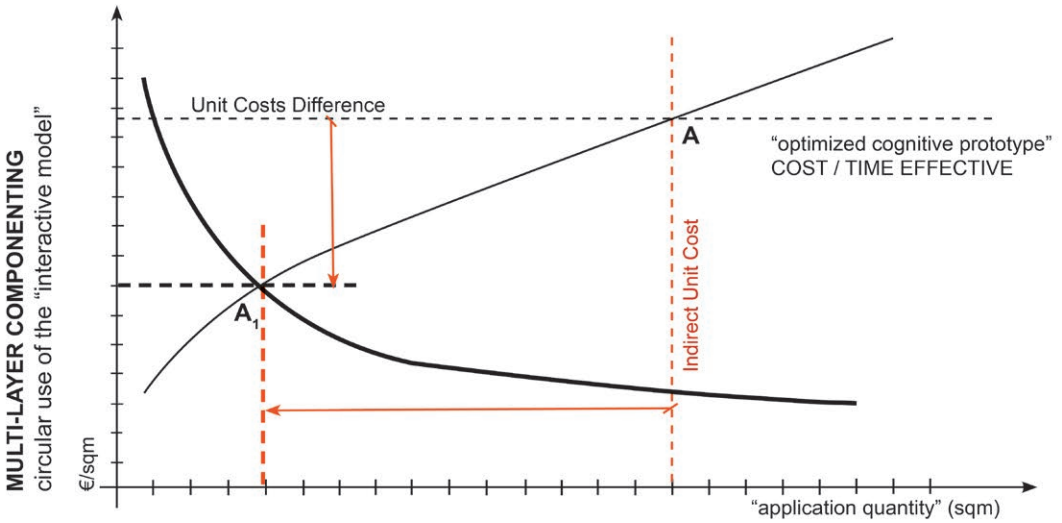
Critical rating
complexities of the extruded aluminium framing profiles

"traditional system"
construction on-site (*kit system*)

"optimized cognitive prototype"
multi-functional parts design (processing of façade/cladding system)
- optimized topology: "technological substitution" with prefabricated modules supporting porcelain stoneware panels

Technology transfer project
Material Balance Research, Department ABC, Politecnico di Milano, *Analysis and typology development for façade cladding systems*, Architectural Engineering Services of Granitifiandre S.p.A.

07 |

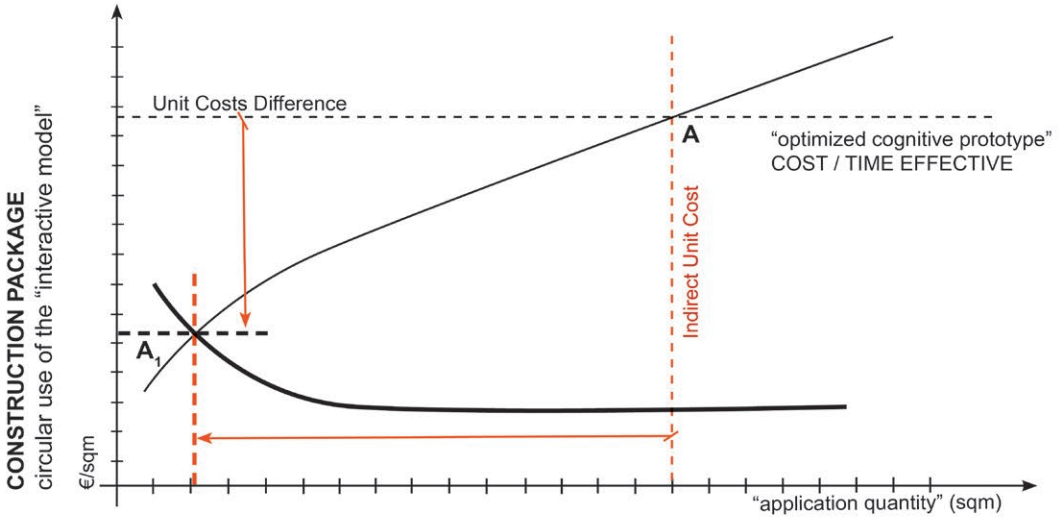


Critical rating
demand for adaptable and flexible envelope building system

"traditional system"
construction on-site (vertical massive load-bearing supports)

"optimized cognitive prototype"
multi-layer componenting (façade/cladding system)
- optimized topology: "technological substitution" with off-site pre-fabricated modules with custom-made framings

Technology transfer project
Stefan Trifonov (Schüco UK), Experimental prefabrication processing of multi-modular and mass-customized framed and layered system to support façade and massive cladding

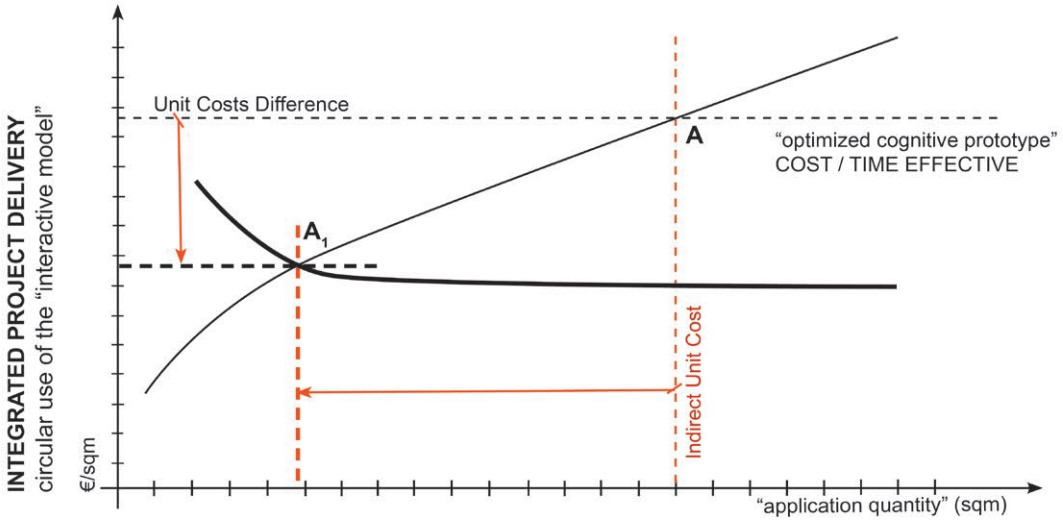


Critical rating
low cost/performing façade panelling suitable for asset types (domestic, education, health care and commercial buildings)

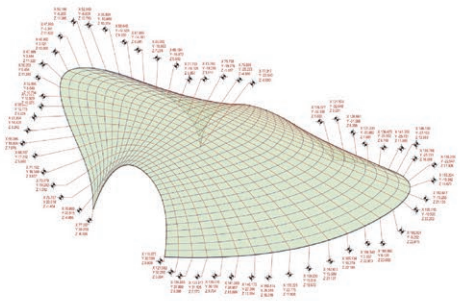
"traditional system"
construction on-site (vertical massive load-bearing supports)

"optimized cognitive prototype"
construction packages (constitution of "open platforms")
optimized topology: prefabricated "superblocks" made of gravel board, brick slips, reinforced concrete wind, mineral wool

Technology transfer project
Bryden Wood (UK), standardized/integrated logistics, planning and execution to form sub-assemblies

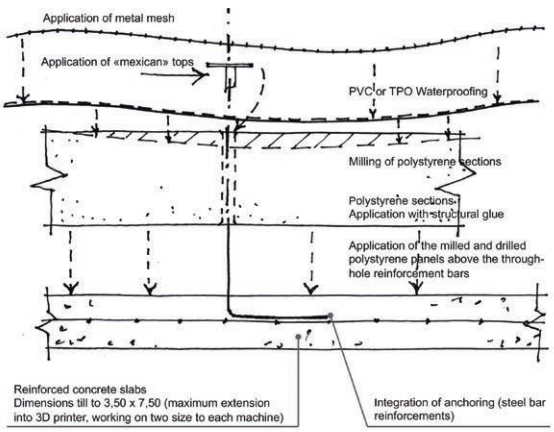


Critical rating
- replacement of the GRC cladding system for the main paraboloid extensions (for the percentage around 70%), foreseeing the use of GRC for the most tapered sections
- maintenance of morpho-typological and architectural objectives, aimed at showing the treatment of surfaces in the form of "cement" and "artefact dunes"

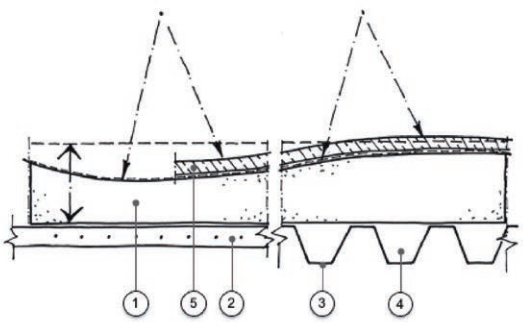


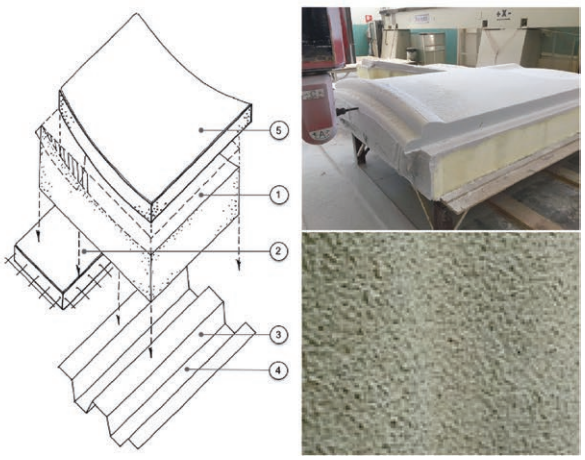
"traditional system"
multi-curve cladding technology based on the use of GRC, considered absolutely critical from the point of view of costs, production and site procedures

"optimized cognitive prototype"
optimized topology: "3D smart predalles" (concept design on the consolidated technology of the predalles, starting with the reinforced concrete slab and the polystyrene panel), through:
- 3D-milling of polystyrene sections, according to specific structural grid conditions (1)
- application of the milled polystyrene sections on reinforced concrete slabs (2) or on-site on corrugated sheets executed on the structural grid (3), with expanded clay or rockwool filling (4)
- application of "shotcrete" on the upper surface of the polystyrene sections, by 3D-printing (precast solution) or on-site (5)
- use/reduction of GRC coating in tapered curved sections
- cost and time reduction estimated at 30-35%
- reduction of specialized operators (assemblers, welders)
- use of site cranes and reduction of crane-trucks



Technology transfer project
Material Balance Research, Department ABC, Politecnico di Milano, operating in "scope" connection with *Multi-Utility Services* (Rimond), Value engineering process of roof cladding systems, Norman Foster + Partners, *Red Sea International Airport* in Saudi Arabia, Partnership of Systems Manufacturing Stakeholders (Wasp, Edilmac)





Kwok, T. C., *et al.* (2023), "Facilitating innovation and knowledge transfer between homogeneous and heterogeneous datasets", *Journal of Innovation & Knowledge*, Vol. 8, n. 2. Available at: https://doi.org/10.1016/j.jik.2023.100313.

Landsec (2024), *Uk's-first net-zero-carbon-commercial*. Available at: https://landsec.com/insights/future-trends/development/another-milestone-uks-first-net-zero-carbon-commercial.

Laovisutthichai, V. and Lu, W. (2021), "Architectural design for manufacturing and assembly for sustainability", in Lau, S. S. Y., *et. al.* (Eds.), *Design and Technological Applications in Sustainable Architecture*, Springer, Cham, pp. 219-233. Available at: https://doi.org/10.1007/978-3-030-80034-5_15.

Mesa, J. A., Esparragoza, I. and Maury, H. (2020), "Modular architecture principles. MAPs: A key factor in the development of sustainable open architecture products", *International Journal of Sustainable Engineering*, Vol. 13, n. 2, pp. 108-122. Available at: http://doi.org/10.1080/19397038.2019.1634157.

Montali, J. *et al.* (2017), "Knowledge-based engineering in the design for manufacture of prefabricated façades", *Architectural Engineering and Design Management*, Vol. 14, pp. 1-17. Available at: https://doi:10.1080/17452007.2017.1364216.

Najid, N.-M., Castagna, P. and Kouiss, K. (2020), "System Engineering-Based Methodology to Design Reconfigurable Manufacturing Systems", in Benyoucef, L. (Ed.), *Reconfigurable Manufacturing Systems: From Design to Implementation*, Springer, Cham, pp. 29-55. Available at: https://doi.org/10.1007/978-3-030-28782-5_3.

Pontis, S. (2021), "Understanding the impact of supporting conceptual information design", *Information Design Journal*, Vol. 26, n. 1, pp. 33-52. Available at: https://doi.org/10.1075/idj.20015.fon.

Prokhorova, V., *et al.* (2024), "Building a model for evaluating the efficiency of circular transformations in the context of technology transfer", *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, Vol. 129, n. 13, pp. 100-112. Available at: https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.303992.

Ragulina, Y.V. (2019), "Priorities of development of industry 4.0 in modern economic systems with different progress in formation of knowledge economy", in Popkova, E., *et al.* (Eds.), *Industry 4.0: Industrial Revolution of the 21st Century*, Vol. 169, Springer, Cham, pp. 167-174. Available at: https://doi.org/10.1007/978-3-319-94310-716.

Roxas, C.L.C. *et al.* (2023), "Design for manufacturing and assembly (DfMA) and design for deconstruction (DfD) in the construction industry", *Buildings*, Vol. 13. Available at: https://doi.org/10.3390/buildings13051164.

Swilling, M. (2020), *The age of sustainability*, Routledge, London. Available at: https://doi.org/10.4324/9780429057823.

Tan, T., *et al.* (2020), "Construction-Oriented Design for Manufacture and Assembly (DfMA) Guidelines", *Journal of Construction Engineering and Management*, Vol. 146, n. 8, pp. 20. Available at: https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001877.

Wasim, M., *et al.* (2020), "An approach for sustainable, cost-effective and optimized material design for the prefabricated non-structural components", *Journal of Building Engineering*, Vol. 32, n. 2. Available at: https://doi:10.1016/j.jobe.2020.101474.

Wise, A. F. and Vytasek, J. (2017), "Learning Analytics Implementation Design", in Lang, C., *et al.*, *Handbook of Learning Analytics*, Society for Learning Analytics Research, Beaumont, pp. 151-160. Available at: https://doi.org/10.18608/hla17.013.

Ricerca-azione e terza missione: esperienze innovative nella progettazione europea

Just Accepted: May 26, 2025 **Published:** November 06, 2025

Rossella Roversi, https://orcid.org/0000-0002-6192-3437 rossella.roversi@unibo.it
Andrea Boeri, https://orcid.org/0000-0003-1390-2030 andrea.boeri@unibo.it
Francesca Sabatini, https://orcid.org/0000-0001-8685-1866 f.sabatini@unibo.it
Dipartimento di Architettura, Alma Mater Studiorum Università di Bologna, Italia

Abstract. L'Università è chiamata oggi a rivestire un ruolo chiave nell'innovazione e rigenerazione dei sistemi territoriali attraverso la Terza Missione, che affianca ricerca e didattica con iniziative di trasferimento tecnologico e co-creazione di conoscenza. Permane però un divario tra teoria e pratica, che tendono a ridurre la terza missione a mera disseminazione. L'articolo contribuisce a colmare questo divario presentando un approccio integrato, coprogettato e *data-driven* all'*open innovation*, che integra gli stakeholders dalle prime fasi del processo; vengono presentate strategie e sperimentazioni nel quadro della ricerca-azione in progetti europei dove gli strumenti digitali e la collaborazione della quintupla elica generano impatti e consentono il trasferimento tecnologico sul lungo termine.

Parole chiave: Terza missione universitaria; *Open innovation*; Ricerca-azione; Metodologie *data-driven*; Resilienza urbana.

La terza missione universitaria dalla disseminazione alla co-progettazione: stato dell'arte

Già nel 1994 Gibbons *et al.* evidenziavano come il paradigma della "nuova produzione di conoscenza" imponesse una visione dinamica della scienza, in cui la separazione tradizionale tra ricerca applicata e pura diventa sempre più labile. In tale prospettiva, l'università si è posta al centro di questa trasformazione, divenendo non solo un centro di produzione di sapere, ma parte di reti complesse di interazione tra istituzioni, imprese e società civile.

Si è parlato, a questo proposito, della cosiddetta Tripla Elica (Etzkowitz and Leydesdorff, 2000; Ranga and Etzkowitz, 2013) e, più recentemente, di quadrupla (Carayannis and Campbell, 2009) e quintupla elica (Thorsten, 2011), in cui la conoscenza si sviluppa in un contesto di interazione multidirezionale, suggerendo che la co-creazione possa rappresentare il fulcro di una trasformazione innovativa.

È proprio nel quadro di questo ecosistema collaborativo e delle trasformazioni innovative che è in grado di produrre che si sviluppa il concetto di Open Innovation, proposto da Chesbrough (2003) e approfondito da Baldwin e von Hippel (2011), secondo il quale l'apertura dei processi innovativi (favorendo così l'innovazione di processo a monte, e non solo il trasferimento tecnologico a valle della produzione di conoscenza) e la collaborazione con gli utenti e altri stakeholder sono fondamentali per stimolare la creatività e il trasferimento di tecnologie.

Con il fine di codificare e consolidare questo processo, e in ragione del loro ruolo di catalizzatrici di produzione di conoscenza, da un lato, e di laboratori di co-creazione fra stakeholders, dall'altro, le università contemporanee si sono munite di strutture, programmi e attività racchiuse nel concetto di 'terza missione': affiancandosi alla prima (l'insegnamento) e alla seconda (la ricerca), la terza missione è un concetto ampio nel quale la letteratura fa rientrare l'imprenditorialità universitaria, il trasferimento tecnologico, il modello della tripla elica, oltre all'insieme di attività volte al trasferimento di conoscenza alla società civile e alle organizzazioni, alla promozione di competenze imprenditoriali, dell'innovazione, del benessere sociale e della formazione di capitale umano; da un punto di vista metodologico, vengono enfatizzate nella terza missione la comunicazione e il coinvolgimento della società civile (Compagnucci and Spigarelli, 2020).

Research-action and third mission: innovative experiences in European design

Abstract. The university today is called upon to play a key role in the innovation and regeneration of territorial systems through the Third Mission, which combines research and teaching with technology transfer and knowledge co-creation initiatives. However, there remains a gap between theory and practice, which tends to reduce Third Mission to mere dissemination. This paper contributes to bridging the gap by presenting an integrated, co-designed and data-driven approach to open innovation that integrates stakeholders from the earliest stages of the process. Strategies and actions are presented in the framework of action-research in European projects where digital tools and quintuple helix collaboration generate impacts and enable long-term technology transfer.

Keywords: University third mission; Open innovation; Data-driven methodologies; Urban resilience.

University third mission from dissemination to co-design: state of the art

As early as 1994, Gibbons *et al.* highlighted how the "new knowledge production" paradigm imposed a dynamic view of science, in which the traditional separation between applied and pure research became increasingly blurred. From this perspective, the university has placed itself at the centre of this transformation, becoming not only a centre of knowledge production, but part of complex networks of interaction between institutions, business and civil society.

In this regard, the so-called Triple Helix (Etzkowitz and Leydesdorff 2000; Ranga and Etzkowitz, 2013) and, more recently, quadruple (Carayannis and Campbell, 2009) and quintuple helix (Thorsten, 2011) have been discussed, in which knowledge develops in a context of multidirectional interaction, suggesting that co-creation may be at the heart of innovative transformation.

It is within the framework of this collaborative ecosystem and the innovative transformations it is capable of producing that the concept of Open Innovation, proposed by Chesbrough (2003) and further explored by Baldwin and von Hippel (2011), is developed. According to this theory, the openness of innovation processes (thus fostering upstream process innovation, not just downstream technology transfer of knowledge production) and collaboration with users and other stakeholders are key to stimulating creativity and technology transfer.

With the aim of codifying and consolidating this process, and considering their role as catalysts of knowledge production, and as laboratories

ISSN online: 2239-0243 | © 2025 Author(s) | http://www.fupress.com/techne | DOI: 10.36253/techne-17385
Open access, peer-reviewed article published by Firenze University Press (https://www.fupress.com) and distributed, except where otherwise noted, under the terms of the CC BY 4.0 License for content and CC0 1.0 Universal for metadata

Di fronte a quella che è stata definita come "la più grande sfida che la democrazia abbia mai affrontato" (Lindvall, 2021), ovvero la crisi climatica, la collaborazione fra gli attori diventa imperativo per abilitare la coproduzione e la diffusione di conoscenza utile, il cambiamento comportamentale collettivo, la produzione di evidenza scientifica tramite approcci *data-driven*, l'integrazione e diffusione di tecnologie in grado di supportare la mitigazione e l'adattamento ai cambiamenti climatici. Per questa ragione, la terza missione è stata estesamente applicata in progetti e iniziative orientate alla sostenibilità (Pundt and Heilmann, 2020), e soprattutto alla transizione ecologica e alla resilienza dei sistemi urbani e territoriali. Studi specifici sulla terza missione (Porta, 2021; Turriziani, 2024) sottolineano come le università possano e debbano giocare un ruolo centrale nell'innovazione territoriale, evidenziandone nondimeno i limiti applicativi: Perulli, Rostan e Semenza (2019) sottolineano come le attività di trasferimento delle conoscenze siano spesso concepite principalmente come processi di divulgazione dei risultati di ricerca. Porta (2021) afferma che, anche in presenza di significative evoluzioni nel campo del trasferimento di conoscenza, persista il divario tra la teoria – che concettualizza una vera coproduzione di sapere – e la prassi, ancora ancorata a modelli comunicativi unidirezionali.

Sono dunque manifesti il *research gap* e il limite applicativo posti dalla terza missione: a fronte di una dichiarata intenzione di intervenire (a monte e tramite approcci di coprogettazione nei processi di rigenerazione urbana) nell'ambito della lotta al cambiamento climatico e della resilienza territoriale, molti degli sforzi di *citizen engagement* e di partecipazione rimangono relegati 'a valle' dell'attività progettuale, configurandosi come attività di comunicazione e disseminazione, ovvero di condivisione dei risultati con la cittadinanza.

Il presente lavoro si inserisce in questo contesto, analizzando pratiche innovative di ricerca-azione sperimentate in progetti europei, con particolare attenzione al trasferimento tecnologico come leva per affrontare le transizioni socio-ecologiche. L'obiettivo è di delineare un modello di co-design integrato, in cui la coprogettazione sin dalla fase concettuale e l'uso di strumenti *data-driven* permettano di ottenere *output* e *outcome* verificabili e di lungo termine, in grado di generare impatti locali e sovralocali.

Metodo: la ricerca-azione come laboratorio di sperimentazione per la terza missione universitaria

La ricerca presenta i risultati e i processi di quattro progetti competitivi europei aventi risultati e approcci co-progettati, co-prodotti e misurabili; questi progetti, svolti tramite il metodo della ricerca-azione, pongono una particolare enfasi sulla dimensione partecipativa e sulla creazione di evidenza tramite produzione di dati, come la presente sezione intende illustrare sul piano del metodo.

La ricerca-azione è divenuta negli ultimi anni arena innovativa per l'accelerazione dell'innovazione e il trasferimento tecnologico e del coinvolgimento degli attori della quintupla elica. Intesa come "conoscenza prodotta nel contesto di applicazione" (Eden and Ackermann 2018), la ricerca-azione è stata articolata teoreticamente in una serie di passaggi: il primo consiste nell'identificazione di un '*practice-based trigger*', ovvero di un tema di rilevanza per la società; a questo segue un '*pre-under-*

of co-creation among stakeholders, contemporary universities have equipped themselves with structures, programmes and activities encapsulated in the concept of 'third mission'. Flanking the first (teaching) and the second (research), the third mission is a broad concept in which the literature encompasses university entrepreneurship, technology transfer, the triple helix model, as well as the set of activities aimed at the transfer of knowledge to civil society and organisations, the promotion of entrepreneurial skills, innovation, social welfare and human capital formation. From a methodological point of view, communication and civil society involvement are emphasised in the third mission (Compagnucci and Spigarelli, 2020).

In the face of what has been described as "the greatest challenge democracy has ever faced" (Lindvall 2021), namely the climate crisis, collaboration among actors becomes imperative to enable the co-production and dissemination of useful knowledge, collective behavioural change, the production of scientific evidence through data-driven approaches, and the integration and dissemination of technologies that can support climate change mitigation and adaptation. For this reason, the third mission has been extensively applied in sustainability-oriented projects and initiatives (Pundt, Heilmann 2020), and, especially, in the ecological transition and resilience of urban and territorial systems. Specific studies on the third mission (Porta, 2021; Turriziani, 2024) emphasise how universities can and should play a central role in territorial innovation, while nonetheless highlighting its application limitations. Indeed, Perulli, Rostan and Semenza (2019) point out how knowledge transfer activities are often conceived primarily as processes of dissemination of research results. Porta (2021) highlights how, even with significant developments in the field of knowledge transfer, the gap persists between theory – which conceptualises a true co-production of knowledge – and practice, which is still anchored in unidirectional communication models.

Thus, the *research gap* and application limitation posed by the third mission are manifest. In the face of a declared intention to intervene (upstream and through co-design approaches in urban regeneration processes) in the area of climate change mitigation and territorial resilience, many of the *citizen engagement* and participation efforts remain relegated 'downstream' of the project activity, taking the form of communication and dissemination activities, i.e. sharing results with citizens.

This paper fits into the described context, analysing innovative action-research practices tested in European projects, with a focus on technology transfer as a lever to address socio-ecological transitions. The aim is to outline an integrated co-design model in which co-design from the conceptual stage and the use of data-driven tools allow for verifiable, long-term outputs and outcomes that can generate local and supra-local impacts.

The following selection of action-research results projects shows how, even with context specificities and variables, the combination of theoretical analysis with practical intervention facilitates the development of innovative solutions to complex social challenges, and fosters the acquisition of skills in cross-sectoral collaboration, change management, and effective communication, while also increasing

standing' delle metodologie di azione e di ricerca rese poi praticabili attraverso metodi, processi e strumenti; nel passaggio successivo vengono applicati e resi operativi nel contesto reale d'interesse, arrivando nell'ultimo passaggio a elaborare nuova conoscenza teorica dalla pratica.
Questo metodo, riformulato come '*planned approach to change*' basato sull'analisi situazionale (*situational analysis*), l'identificazione di soluzioni alternative e la scelta della più adatta fra queste alle circostanze, prevede che la ricerca azione si configuri come un processo collaborativo, che coinvolge tutti coloro che impattano o sono impattati tanto dalla situazione iniziale quanto dalla ricerca della soluzione (Magliacani, 2023) – requisito, questo, necessario a far sì che i risultati possano generare un comportamento sostenibile generalizzato nella popolazione.
Rispetto ai modelli lineari di trasferimento *top-down*, il modello basato su ricerca-azione si distingue per la sua natura riflessiva e adattiva. In esso, la produzione di conoscenza avviene attraverso cicli iterativi di co-progettazione, osservazione e valutazione, con il coinvolgimento attivo di *stakeholder* e comunità locali. Questo approccio consente una maggiore aderenza ai contesti territoriali e una valutazione degli impatti mediante indicatori verificabili. Diversamente dai modelli *market oriented* o centrati su *spin-off* e brevetti, qui il valore dell'innovazione si misura nella capacità di generare trasformazioni sociali, culturali e ambientali nei sistemi complessi dell'ambiente costruito, attivando processi di apprendimento collettivo e co-decisione.
In ragione del vasto ambito di letteratura dedicato alle smart cities e della grande produzione di dati messa a disposizione dalla ricerca, il passaggio della *situational analysis* beneficia di approcci *data-driven* e strumenti digitali. L'elaborazione di indicatori armonizzati a livello europeo (European Union, 2020) e l'agenda innovativa promossa dall'European University Association (2023) offrono spunti metodologici per misurare l'efficacia dei processi di *knowledge transfer*.
La selezione di progetti di ricerca-azione che segue, mostra come, pur nelle specificità e variabili di contesto, la combinazione dell'analisi teorica con l'intervento pratico, faciliti lo sviluppo di soluzioni innovative a sfide sociali complesse e favorisca l'acquisizione di competenze in collaborazione intersettoriale, gestione del cambiamento e comunicazione efficace, aumentando anche la capacità di affrontare sfide future. Inoltre, la natura iterativa della ricerca-azione consente ai progetti di adattarsi rapidamente ai cambiamenti del contesto, migliorando la resilienza e l'efficacia delle iniziative.

Risultati

I progetti di ricerca competitiva internazionale qui presentati affrontano temi e sfide dei sistemi urbani: la sicurezza degli spazi pubblici (SAFE CITIES), la transizione energetica (WeGenerate), la cittadinanza energetica e le comunità energetiche (GRETA), le soluzioni alla vulnerabilità abitativa (HouseInc). Verranno illustrati tenendo conto dei passaggi della ricerca-azione proposti da Magliacani (2023) e illustrando il contesto, le azioni e le soluzioni proposte, e il modo in cui le attività progettuali hanno previsto il coinvolgimento della quintupla elica nei vari contesti di applicazione.
Si tratta di progetti cui gli autori hanno partecipato o stanno partecipando attualmente e che sono stati selezionati in quanto, pur afferendo a diversi ambiti di azione e a diverse scale, sono caratterizzati da approcci metodologici comuni, e specificamente:

the capacity to address future challenges. In addition, the iterative nature of action-research allows projects to adapt quickly to changing contexts, improving the resilience and effectiveness of initiatives.

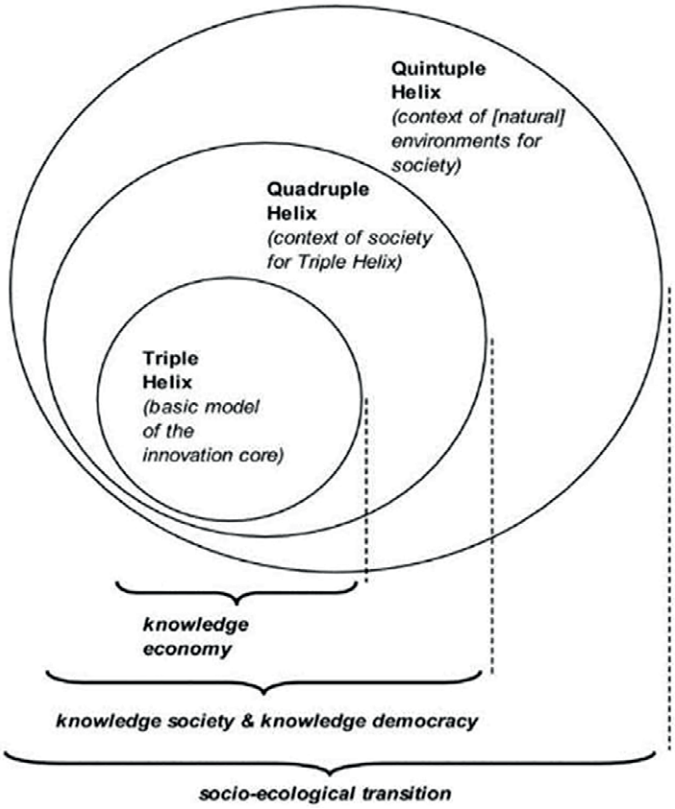
Method: action research as a laboratory of experimentation for the third university mission

This research presents the results and processes of four European competitive projects with co-designed, co-produced and measurable outcomes and approaches. These projects, carried out through the action-research method, place special emphasis on the participatory dimension and evidence creation through data production, as this section aims to illustrate in terms of method.
In recent years, action-research has become an innovative arena for the acceleration of innovation and technology transfer and stakeholder engagement in the quintuple helix. Understood as "knowledge produced in the context of application" (Eden and Ackermann, 2018), action-research has been theoretically articulated in a series of steps. The first consists in the identification of a 'practice-based trigger,' that is, a topic of relevance to society. This is followed by a 'pre-understanding' of action and research methodologies then made practicable through methods, processes and tools. In the next step they are applied and operationalised in the real context of interest, reaching the last step by processing new theoretical knowledge from practice.
This method, reformulated as a 'planned approach to change' based on situational analysis, the identification of alternative solutions and the choice of the most suitable among them for the circumstances, requires that the action research take the form of a collaborative process, involving all those who either impact or are impacted by both the initial situation and the search for the solution (Magliacani, 2023). This is a necessary requirement to ensure that the results can generate generalised sustainable behaviour in the population. Compared to linear top-down transfer models, the research-action-based model is distinguished by its reflexive and adaptive nature. Knowledge production occurs through iterative cycles of co-design, observation and evaluation, with the active involvement of stakeholders and local communities. This approach allows for greater adherence to territorial contexts and assessment of impacts through verifiable indicators. Unlike market-oriented or spin-off and patent-centred models, here the value of innovation is measured in its ability to generate social, cultural and environmental transformations in the complex systems of the built environment, activating processes of collective learning and co-decision-making.
Due to the vast field of literature devoted to smart cities and the large output of data made available by research, the passage of situational analysis benefits from data-driven approaches and digital tools. The development of harmonised indicators at the European level (European Union, 2020) and the innovative agenda promoted by the European University Association (2023) offer methodological insights for measuring the effectiveness of knowledge transfer processes.
The selection of action-research projects that follows shows how, even with context specificities and variables, the combination of theoretical analysis

01| L'approccio quintupla elica di GRETA. Fonte: GRETA *project*
GRETA Quintuple helix approach. Source: GRETA project

02| Rappresentazione dei risultati della transizione lungo il GRETA *framework for energy citizenship awareness*. Fonte: GRETA *project*
Representation of transition outcomes along the GRETA framework for energy citizenship awareness. Source: GRETA project

| 01



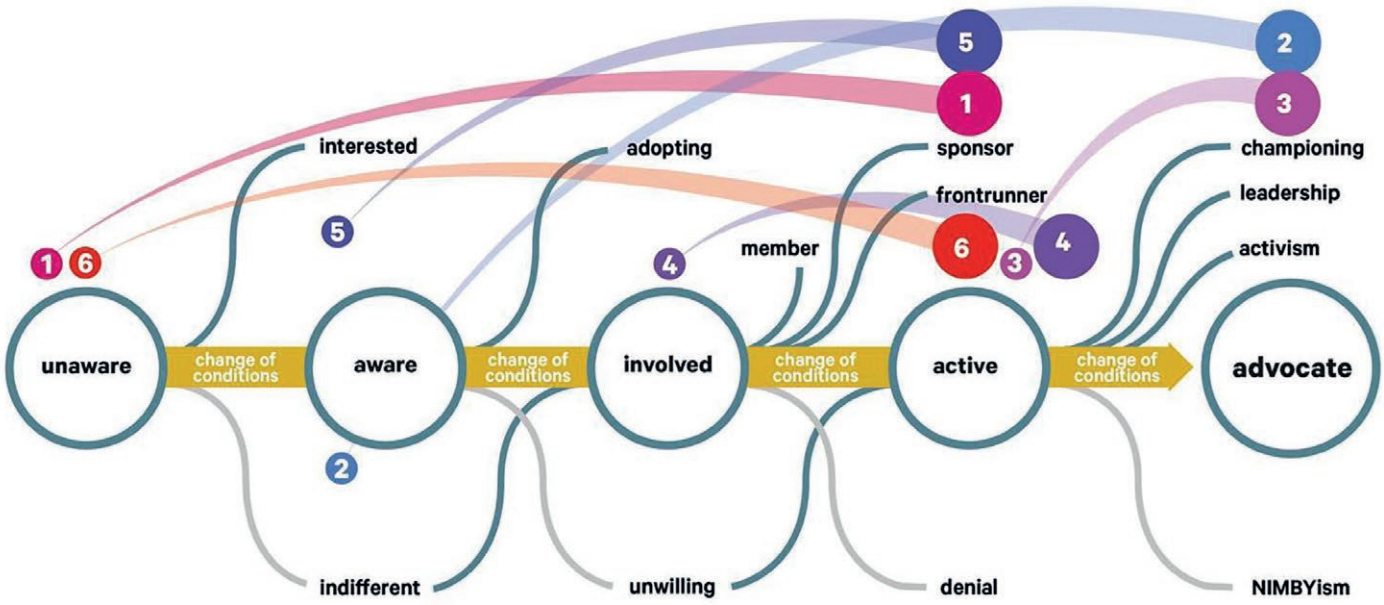
1. co-progettazione e partecipazione: la coprogettazione sin dalla fase iniziale ha garantito un elevato grado di coinvolgimento degli attori esterni, rendendo i processi decisionali più trasparenti e condivisi;
2. innovazione digitale e *data-driven*: l'uso di tecnologie digitali ha permesso di sviluppare indicatori specifici per il monitoraggio dell'impatto dei progetti, misurabili sia in termini qualitativi che quantitativi;
3. risultati misurabili e duraturi: tra gli output emergono strumenti pratici e applicabili che non solo favoriscono il trasferimento tecnologico, ma costituiscono anche strumenti di supporto decisionale per le amministrazioni locali e per il sistema di governance territoriale.

3.1 GRETA: azioni di cittadinanza energetica per la transizione delle comunità

La povertà energetica si manifesta nell'incapacità di sostenere i costi dell'energia necessari a garantire condizioni abitative confortevoli, sia in termini di riscaldamento che di raffrescamento. Nel 2023, questa problematica interessava circa il 10% della popolazione europea (Eurostat).

GRETA (*GReen Energy Transition Actions* – GA 101022317) aspirava a inquadrare in diversi contesti europei i fattori che abilitano o impediscono l'emergere di comportamenti di cittadinanza energetica. Il percorso di co-progettazione e co-ricerca, a Bologna, ha insistito sul distretto Pilastro-Roveri, una zona a vocazione mista residenziale e industriale, e ha favorito la comprensione sia in termini tecnici (ad es. stima del fabbisogno energetico, caratteristiche dell'ambiente costruito e dell'infrastruttura energetica del distretto) sia in termini sociali (inquadramento delle vulnerabilità, della composizione demografica e del capitale sociale del distretto) del contesto locale. Gli strumenti abilitanti le comunità energetiche sono stati co-progettati sulla base di queste premesse: nello specifico, i *Community Transition Pathways*, che impostano una roadmap per la transizione energetica del distretto, e gli *Energy Citizenship Contracts*, documenti operativi che regolano gli accordi fra le parti, i benefici e gli obblighi all'interno della comunità energetica. I risultati dimostrano come la partecipazione attiva possa

| 02



tradursi in una riduzione delle emissioni e in una trasformazione energetica resiliente (Figg.1; 2).

3.2 SAFE-CITIES: il security-by-design nella progettazione di spazi pubblici sicuri e inclusivi

Lo spazio pubblico è stato ridefinito da nuove sfide legate alla sicurezza, da minacce terroristiche ed eventi climatici estremi, dalla pandemia di COVID-19. L'Unione Europea ha sviluppato politiche e strategie per ridurre la vulnerabilità urbana, fra cui il *security-by-design*, che integra protezioni fisiche visibili con soluzioni paesaggistiche e il coinvolgimento della cittadinanza per una sorveglianza naturale e una maggiore socialità urbana. Nel quadro del progetto Horizon Europe SAFE CITIES (*riSk-based Approach For the protEction of public spaces in European CITIES* (GA 101073945) il gruppo di ricerca ha contribuito allo sviluppo di un *Security and Vulnerability Assessment* (SVA) ispirato ai principi del security-by-design; la creazione di *Local Citizens Networks* e il coinvolgimento degli *stakeholder* attivi nella progettazione e protezione degli spazi pubblici (quali *law enforcement agencies*, istituzioni pubbliche, croce rossa e servizi di prima assistenza) hanno consentito la co-costruzione di una piattaforma (SVA Platform) in grado di supportare la progettazione di spazi pubblici sicuri e accessibili nei casi pilota di Danzica, Larnaca, Landgraaf, Gorizia/Nova Gorica. Lo strumento consente di definire i confini dello spazio controllato, creare una transizione adeguatamente segnalata dallo spazio pubblico a quello semi-pubblico e privato, collocare le aree di aggregazione in luoghi con sorveglianza naturale e controllo degli accessi, utilizzare barriere naturali per separare attività in conflitto, migliorare la programmazione degli spazi per garantire un uso efficace e una densità critica delle attività (Figg. 3; 4).

3.3 HOUSEINC: dai Living Labs alle politiche per contrastare la vulnerabilità abitativa

Il problema della disuguaglianza abitativa – intesa come le disparità nell'accesso, nell'accessibilità economica, nella qualità delle condizioni abitative e nella disponibilità di alloggi tra diversi gruppi di persone – colpisce molte persone nell'UE, con costi che incidono in modo sproporzionato su coloro che già vivono in povertà o sono a rischio di esclusione. Nel 2020, il 20% delle famiglie con i redditi più bassi ha speso il 40% o più del proprio reddito per l'affitto.

Il progetto Horizon 2020 HouseInc (*Inclusive, affordable and sustainable Housing for marginalized communities*, GA 101132513) mira a comprendere tramite studi quali-quantitativi i fattori alla radice della vulnerabilità abitativa, a cercare soluzioni di matrice politica, sociale ed economica alla sfida, attivando Living Labs con gli enti e le organizzazioni che, a diversi livelli, lavorano per mitigare la vulnerabilità abitativa di gruppi marginalizzati nelle città di Ostrava, Mannheim, Torino e Dârvari. In particolare, viene proposta in HouseInc una spazializzazione della vulnerabilità abitativa: attraverso l'integrazione di strumenti di analisi geografica e dati socioeconomici, sono mappate le aree a rischio e definite le proposte di interventi mirati, favorendo metodologie di rigenerazione territoriale inclusive e sostenibili (Figg. 5; 6).

3.4 WEGENERATE: la transizione energetica dei distretti attraverso l'innovazione tecnologica e le azioni collettive

Il progetto "WeGenerate" (*Co-creating People-Centric Sustainable Neighbourhoods through Urban Regeneration*, GA 101123546) ha per obiettivo di promuovere processi di rige-

with practical intervention facilitates the development of innovative solutions, and fosters the acquisition of skills in cross-sector collaboration, change management, and effective communication, while also increasing the capacity to deal with future challenges.

Results

The international competitive research projects presented here address issues and challenges of urban systems such as safety of public spaces (SAFE CITIES), energy transition (WeGenerate), energy citizenship and energy communities (GRETA), and solutions to housing vulnerability (HouseInc). They will be illustrated by taking into account the action-research steps proposed by Magliacani (2023) and by illustrating the context, the proposed actions and solutions, and how the project activities included the involvement of the quintuple helix in the various application contexts.

These are projects in which the authors have participated or are currently participating. They were selected because, although they pertain to different fields of action and at different scales, they are characterised by common methodological approaches, specifically:

1. co-design and participation: co-design from the initial stage ensured a high degree of involvement of external stakeholders, making decision-making processes more transparent and shared;
2. digital and data-driven innovation: the use of digital technologies has made it possible to develop specific indicators for monitoring the impact of projects, measurable in both qualitative and quantitative terms;
3. measurable and lasting results: practical and applicable tools emerge among the outputs that not only support technology transfer, but also constitute decision support tools for local governments and the territorial governance system.

3.1 GRETA: energy citizenship actions for community transition.

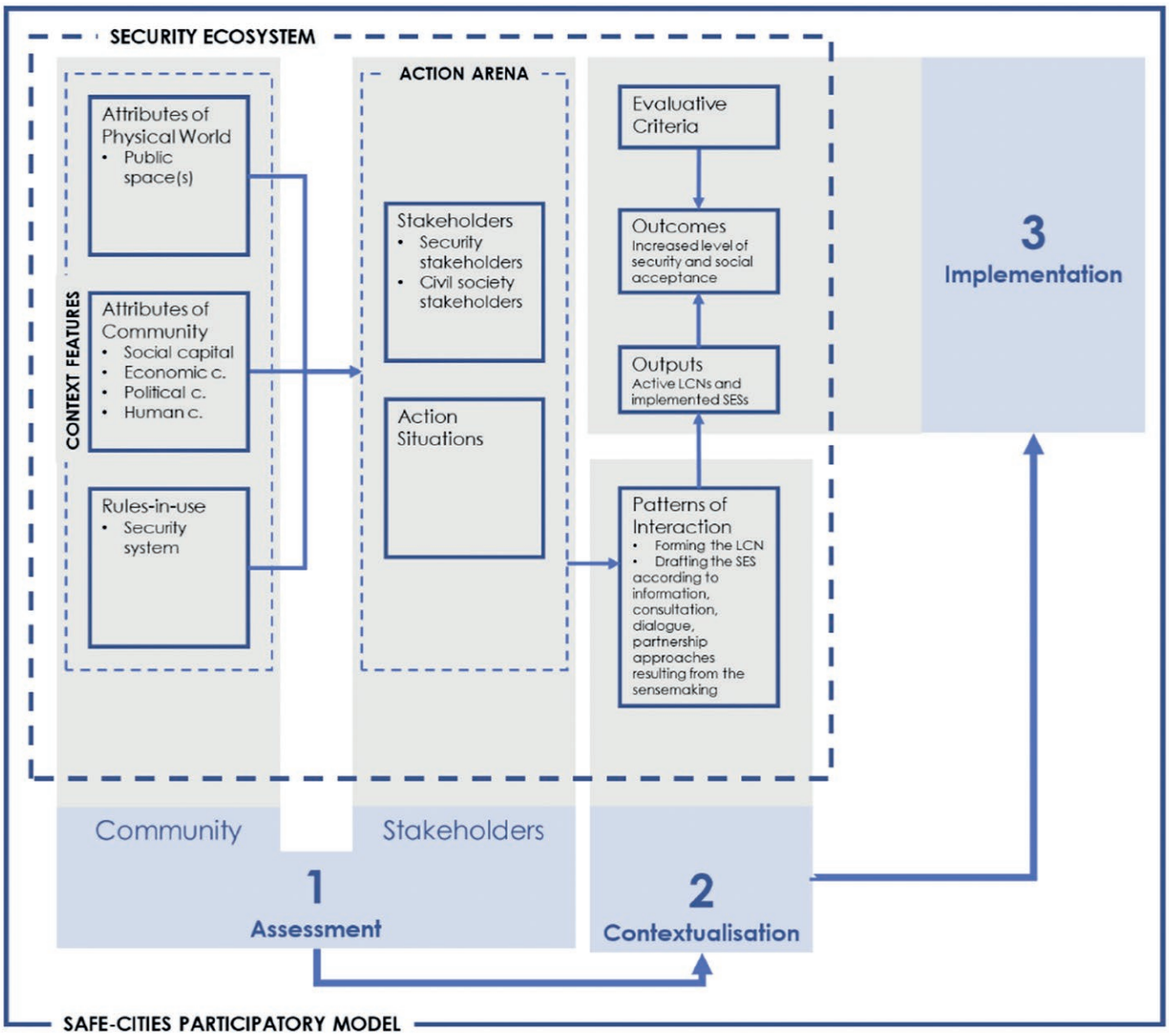
Energy poverty manifests itself in the inability to afford the energy costs necessary to provide comfortable living conditions, both in terms of heating and cooling. In 2023, this issue affected about 10 percent of the European population (Eurostat).

GRETA (GReen Energy Transition Actions – GA 101022317) aspired to frame in different European contexts the factors that either enable or prevent the emergence of energy citizenship behaviours. The co-design and co-research pathway, in Bologna, insisted on the Pilastro-Roveri district, an area with mixed residential and industrial vocation, and fostered understanding of the local context both in technical terms (e.g., estimation of energy needs, characteristics of the district's built environment and energy infrastructure), and in social terms (framing vulnerabilities, demographic composition and social capital of the district). Enabling tools for energy communities were co-designed based on these premises, specifically, Community Transition Pathways, which set a roadmap for the district's energy transition, and Energy Citizenship Contracts, operational documents that regulate agreements between parties, benefits and obligations within the energy community. The results demonstrate how active participation can result in reduced emissions

03| SAFE CITIES *Participatory Model*. Fonte: SAFE CITIES *project*
SAFE CITIES Participatory Model. Source: SAFE CITIES project

nerazione urbana sostenibili, resilienti, inclusivi e accessibili, mettendo al centro le persone e la co-creazione. Il progetto si concentra su *Demo Cities* (Cesena, Cascais, Bucarest, Tampere), i cui quartieri affrontano sfide uniche ma condividono la visione di un cambiamento positivo.
In ciascuna di queste città, *team* locali multidisciplinari (*Local Circles*) collaborano strettamente con residenti e altri stakeholder per affrontare le sfide socio-tecniche specifiche del contesto. Questo approccio partecipativo garantisce che le soluzioni siano adattate alle esigenze locali e che la comunità sia parte integrante del processo decisionale. Utilizzando piattaforme digitali collaborative, il progetto integra l'intero processo progettuale – dalla concezione alla realizzazione e al monitoraggio – garantendo la continuità e la sistematizzazione dei risultati (Figg. 7; 8).

03 |



04| Requisiti dei dati per la piattaforma SVA di SAFE CITIES. Fonte: SAFE CITIES *project*
SAFE CITIES data requirements for the SVA platform. Source: SAFE CITIES project

05| Spesa nazionale per le politiche abitative dei casi studio di HouseInc. Fonte: HouseInc *project*
HouseInc Case Study National Expenditure for Housing Policies. Source: HouseInc Project

Functionality	Data required
Creation and editing of the site	• GIS • BIM, including building attributes • 3D model of assets • List of assets present in the site • Location of assets in the site • Identification of citizen-walkable routes/areas • Citizen-accessible areas vs only crew accessible areas
Definition of the event	• Types of events • Crowd pattern/ behaviour • Points of aggregation • Traffic flow • Type and number of agents (pedestrian, vehicles, first responders, etc.) • Type and number of assets • Countermeasures • Security procedures • Default evacuation routes • CRN Dispersion / source physicochemical properties
Definition of threats and impacts	• Types of attacks • Historical data o Number of attacks per year o Impact of attacks o Effects of attacks o Magnitude of attacks o Evolution of attacks o Effects of countermeasures and security procedures on attacks
Risk Assessment	• CAPEX global, for each asset and security measures • OPEX global, for each asset and security measures

04

Discussione: oltre la terza missione, le metodologie di ricerca-azione verso l'open innovation per il trasferimento tecnologico

L'analisi dei progetti sopra illustrati consente di evidenziare come l'approccio *project-based*, pur essendo un elemento strutturale della ricerca finanziata, possa portare a risultati di lungo termine attraverso la co-creazione con gli stakeholder della quintupla elica – soprattutto quando, grazie alla messa a sistema e alla capitalizzazione di processi, metodi, approcci e tecnologie consolidate, oltre alla collaborazione iterata con i portatori di interesse, è in grado di andare oltre la semplice ottica progettuale per diventare modello sostenibile di trasferimento tecnologico con impatti di lungo termine.

Le esperienze analizzate dimostrano che, nonostante la durata limitata dei finanziamenti, il coinvolgimento diretto degli attori chiave – tra cui enti pubblici, imprese, società civile e mondo accademico – ha permesso di sviluppare *policy*, *network* e strumenti operativi che continuano a produrre effetti anche oltre il termine dei singoli progetti.

La letteratura sugli ecosistemi di innovazione sottolinea l'importanza della sinergia tra progetti eterogenei per amplificare l'impatto delle politiche territoriali. È il caso dei *Community Transition Pathways* e degli *Energy Citizenship Contracts* di GRETA che fungono da *baseline* per il modello rigenerativo proposto da WeGenerate, soprattutto per quel che riguarda la *Roadmap*. In maniera analoga, il *Security and Vulnerability Assessment* (SVA) offerto dalla SAFE-CITIES *Platform* ha permesso di definire metodologie replicabili e ha creato un prodotto *market-ready*.

L'approccio *data-driven* rappresenta ulteriore elemento di innovatività nei progetti: perché la progettazione e l'utilizzo di questi strumenti, così come l'identificazione di metriche e indicatori, avvengono tramite la co-progettazione, e perché fa leva su tecnologie e strumenti di misurazione sviluppati nell'ecosistema progettuale. Specificamente, e in relazione agli indicatori di *Knowledge Transfer Metrics* (European Union 2022; 2023), i progetti si sono soffermati su indicatori specifici per ciascuna delle tematiche affrontate:

– transizione energetica: misurata attraverso la diffusione e l'efficacia degli *Energy Citizenship Contracts*, che dimostrano un coinvolgimento attivo e una riduzione delle emissioni nelle aree vulnerabili;
– sicurezza urbana: valutata tramite strumenti di *Security and Vulnerability Assessment*, in grado di identificare e monitorare criticità negli spazi pubblici;

and resilient energy transformation (Figs.1; 2).

3.2 SAFE-CITIES: security-by-design in the design of safe and inclusive public spaces

Public space has been redefined by new security challenges, from terrorist threats and extreme weather events to the COVID-19 pandemic. The European Union has developed policies and strategies to reduce urban vulnerability, including security-by-design, which integrates visible physical protection devices with landscape solutions and citizen involvement for natural surveillance and increased urban sociability

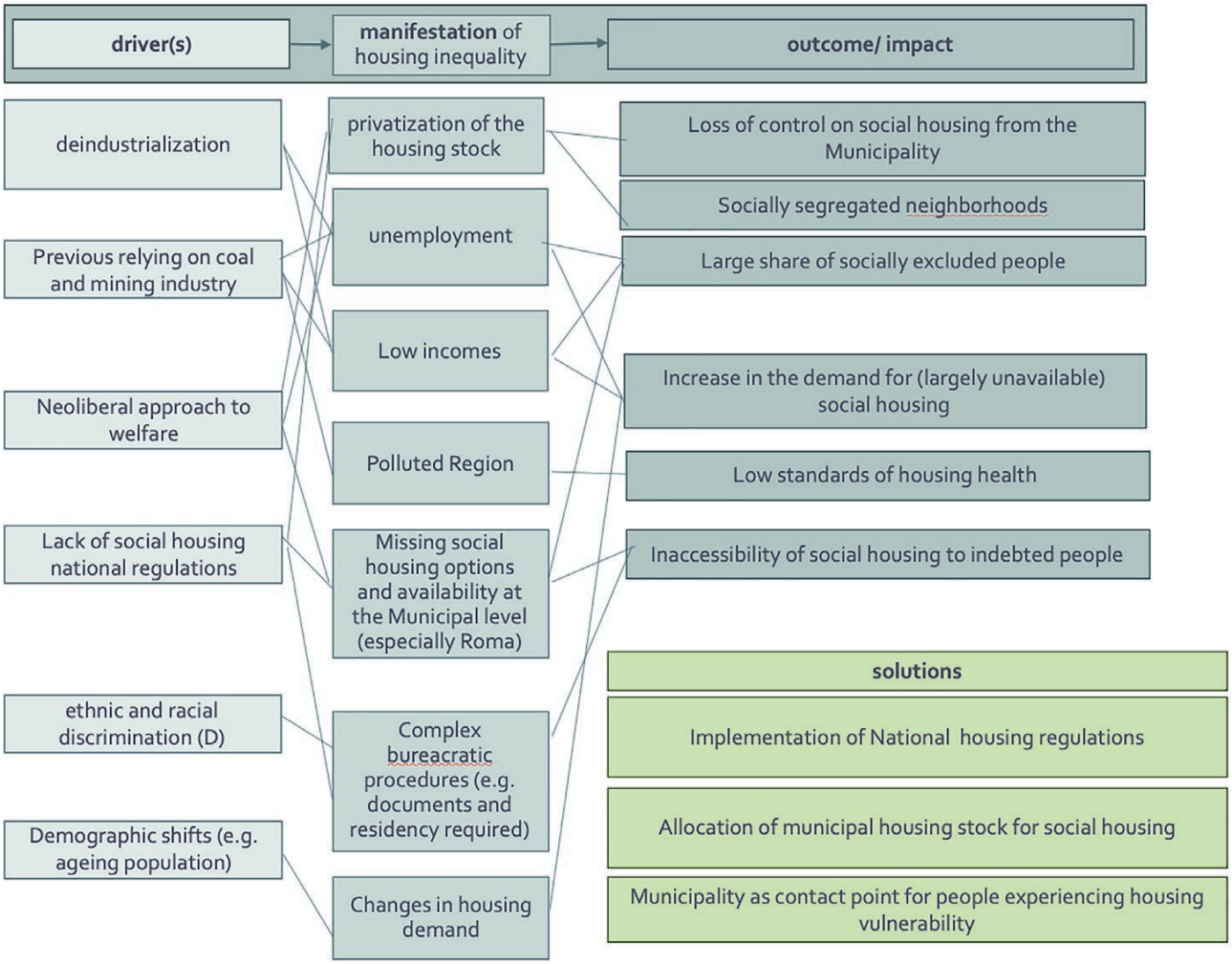
As part of the Horizon Europe SAFE CITIES project (riSk-based Approach For the protEction of public spaces in European CITIES (GA 101073945)), the research group contributed to the development of a Security and Vulnerability Assessment (SVA) inspired by security-by-design principles. The creation of Local Citizens Networks and the involvement of stakeholders active in the design and protection of public spaces (such as *law enforcement* agencies, public institutions, red cross, and first aid services) enabled the co-construction of a platform (SVA Platform) capable of supporting the design of safe and accessible public spaces in the pilot cases of Gdansk, Larnaca, Landgraaf, and Gorizia/Nova Gorica. The tool makes it possible to define the boundaries of controlled space, create an appropriately indicated transition from public to semi-public and private space, place gathering areas in locations with natural surveillance and access control, use natural barriers to separate conflicting activities, and improve programming of spaces to en-

Case study country & Location	Targeted community	Number of target vulnerable people directly benefitting from project results[33]	Number of people of target group after project end[34]	Social public investments partially mobilized during and after project end[35, 34]	Public investments in energy efficiency[36, 37]
Czech Republic --- Ostrava	Homeless, vulnerable Roma households	**30.000** of Roma people living in vulnerable households' conditions[38]	**250.000**[39]	**€127 Mio** (ESF+) dedicated to Roma people integration + **€369 Mio** (ERDF) for marginalized communities	**€967 Mio** to increase energy efficiency
Germany --- Mannheim Vogelstang district	Migrants & elderly people	**6.500** of migrants at risk of poverty **3.375** elderly (over 65) at risk of housing poverty[40]	Germany recorded net immigration of **750.000 people from Ukraine** in the first half of 2022[41]. 36.2% of migrants living at risk of poverty (**500.000**) and 19.4 % of elderly at risk of poverty (**3.532.800**)[42]	**€539 Mio** for social integration of people at risk (ESF +) + **€107 Mio** for integration of third country nationals (ERDF)	**€1.65 Bn** to increase energy efficiency
Italy --- Provinces of Turin and Cuneo	Ukrainian refugees	**1.466** people welcomed by Piedmont Region of which **603** new refugees hosted-up in Turin and Cuneo	**100.000** Ukrainian refugees + 614.00 families with migrant backgrounds in poverty conditions of migrants at poverty[43]	**€3.8 Bn** for social integration of people at risk (ESF+) + **€740.7 Mio** for integration of marginalized communities (ESF+) + **€27.3 Mio** for integration of third country nationals (ERDF)	**€1.4 Bn** to increase energy efficiency
Romania --- Dârvari	Roma community in rural areas living in informal houses	**500** Roma people in Dârvari living in informal settlement	**2.250.000** of Roma people living in extreme poverty[44]	**€740.7 Mio** for social integration of Roma marginalized communities (ESF +) + **€3.7 Bn** for social integration of people at risk ESF+)	**€18.2 Bn** to increase energy efficiency

05

06| Quadro concettuale di HouseInc con *driver*, manifestazioni, esiti e soluzioni per la disuguaglianza abitativa applicato a Ostrava, CZ. Fonte: HouseInc *project*
HouseInc conceptual framework for drivers, manifestations, outcomes and solutions of housing inequality applied to the case of Ostrava, CZ. Source: HouseInc Project

06 |



sure effective use and critical density of activities (Figs. 3; 4).

3.3 HOUSEINC: from Living Labs to policies combat housing vulnerability.
The problem of housing inequality – understood as the disparities in access, affordability, quality of housing conditions, and availability of housing among different groups of people – affects many people in the EU, with costs disproportionately affecting those already living in poverty or at risk of exclusion. In 2020, 20 percent of households with the lowest incomes spent 40 percent or more of their income on rent.
The Horizon 2020 project HouseInc (Inclusive, affordable and sustainable Housing for marginalised communities, GA 101132513) aims to understand, through qualitative-quantitative studies, the factors at the root of housing vulnerability, to seek political, social and economic solutions to the challenge by activating Living Labs with entities and organisations that, at different levels, work to mitigate the housing vulnerability of marginalised groups in the cities of Ostrava, Mannheim, Turin and Dârvari. Specifically, a spatialisation of housing vulnerability is proposed in HouseInc. Indeed, at-risk areas are mapped and proposals for targeted interventions are defined through the integration of geographic analysis tools and socio-economic data, thus fostering inclusive and sustainable territorial regeneration methodologies (Figs. 5; 6).

3.4 WEGENERATE: the energy transition of districts' technological innovation and collective action
The "WeGenerate" project (Co-creating People-Centric Sustainable Neighbourhoods through Urban Regeneration, GA 101123546) aims to promote sustainable, resilient, inclusive and accessible urban regeneration processes by putting people and co-creation at the centre. The project focuses on Demo Cities (Cesena, Cascais, Bucharest, Tampere), whose neighbourhoods face unique challenges but share a vision for positive change.
In each of these cities, local multidisciplinary teams (Local Circles) work closely with residents and other stakeholders to address context-specific socio-technical challenges. This participatory approach ensures that solutions are tailored to local needs, and that the community is an integral part of the decision-making process. Using collaborative digital platforms, the project integrates the entire project process-from conception to implementation and monitoring-ensuring continuity and systematisation of results (Figs. 7; 8).

Discussion: beyond the third mission, research-action methodologies toward open innovation for technology transfer
The analysis of the projects illustrated above makes it possible to highlight how the *project-based* approach, while a structural element of funded research, can lead to long-term results through co-creation with stakeholders in the quintuple helix. This is especially the case when, through the systematisation and capitalisation of established processes, methods, approaches and technologies, as well as iterated collaboration with stakeholders, it is able to go beyond a simple project perspective to become a sustainable model of technology transfer with long-term impacts.

07| Panoramica del WeGenerate *Impact Model*, Categorie e set di KPI. Fonte: WeGenerate *project*
WeGenerate Impact Model overview, Categories and KPI sets. Source: WeGenerate project

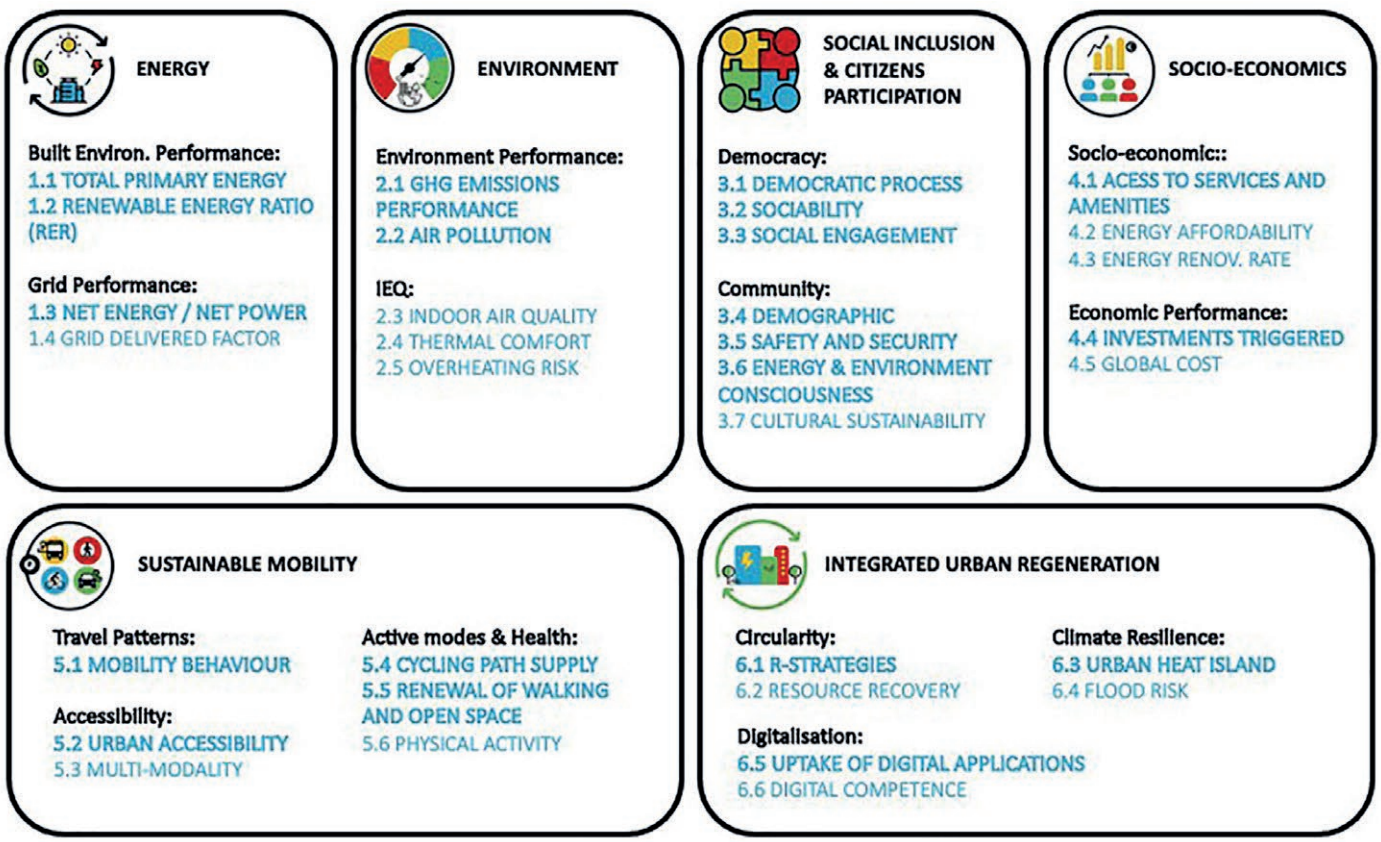
– rigenerazione abitativa: supportata dalla spazializzazione delle vulnerabilità socioeconomiche, che fornisce una mappa dei rischi e delle opportunità di intervento;
– sostenibilità dei distretti: attestata dall'integrazione di piattaforme collaborative che facilitano il *co-design* e la gestione condivisa degli interventi.

Le esperienze condotte sono accomunate da pratiche di *co-design* integrato che ha consentito lo sviluppo di strumenti, metodologie e indicatori, tra cui quelli sopra citati, che, seppur con declinazioni ed in contesti di applicazione diversi, sono il frutto di un approccio comune, basato sul coinvolgimento diretto di *stakeholder* (aziende, cittadini, enti locali) nella definizione dei bisogni, nella progettazione e nello sviluppo di soluzioni e tecnologie.

Conclusioni

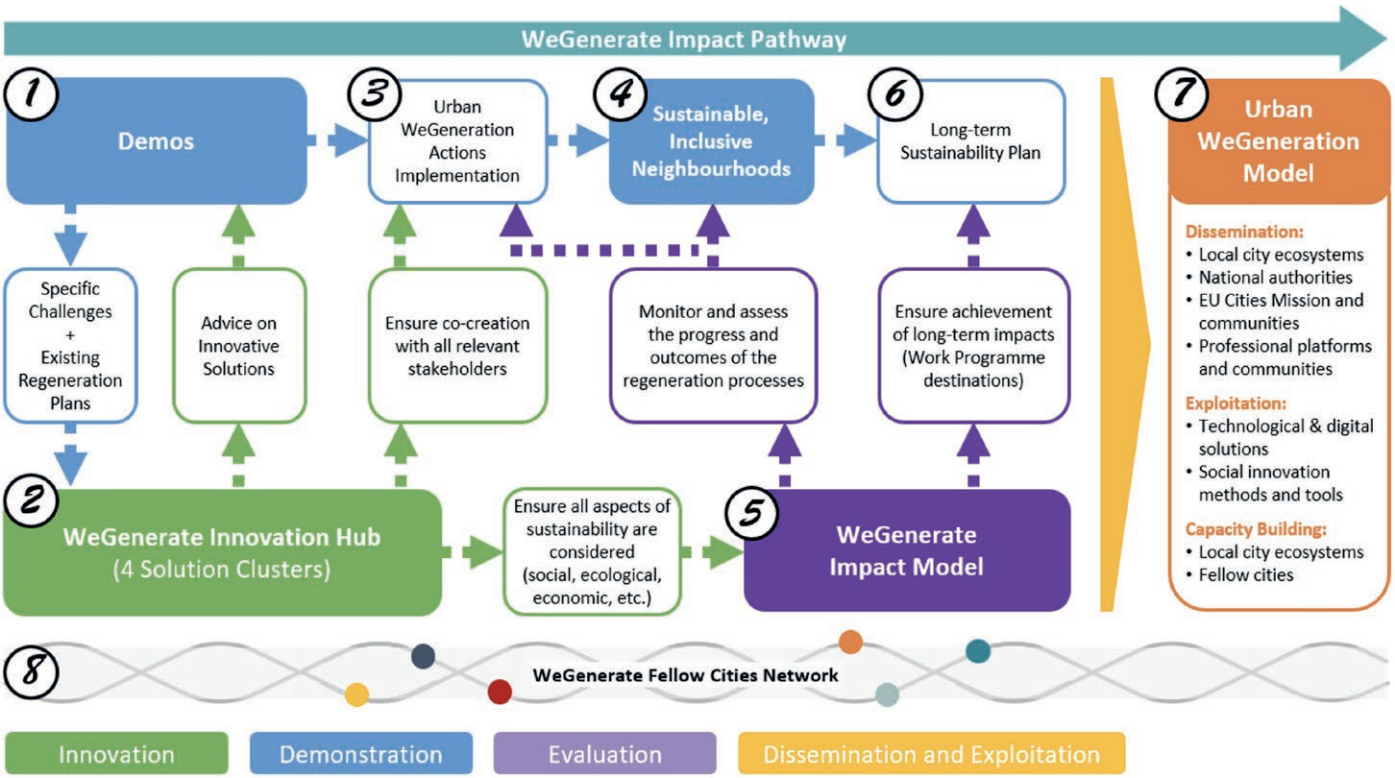
Le sfide delle città contemporanee, stratificate e interconnesse, richiedono che l'Università rivesta un ruolo primario nell'analisi dei contesti, l'identificazione delle soluzioni e le loro applicazioni, oltre che la misurazione dei loro impatti. Perché ciò avvenga in modo efficace, è necessario uscire dall'ottica della produzione e condivisione della conoscenza scientifica, e abbracciare una prospettiva in cui l'Università diviene promotrice di un ecosistema collaborativo con strategie e obiettivi di lungo periodo. Per farlo, non è sufficiente replicare la terza missione universitaria così come viene comunemente praticata oggi, relegando le attività di ingaggio con la quintupla elica alla comunicazione e disseminazione dei risultati o a delle attività laboratoriali circoscritte a una metodologia *project-based,* ai fini di garantire che il trasferimento tecnologico dei risultati progettuali avvenga nel lungo periodo. In aggiunta a ciò, è necessario che l'Università capitalizzi l'abbondanza di dati quali-quantitativi in grado di produrre tramite metodi e tecnologie innovative per poter generare, a monte, analisi di contesto e conseguentemente approcci *data-driven* e, a valle, robuste valutazioni sull'impatto dei progetti.

Gli scenari e le azioni di ricerca illustrati in questo contributo dimostrano come l'integrazione del paradigma della ricerca-azione nella terza missione universitaria rappresenti un'innovazione capace di trasformare il tradizionale modello di trasferimento della conoscenza. La sinergia tra progetti europei – che spaziano dalla transizione energetica alla rigenerazione urbana



08| Diagramma di processo di WeGenerate con illustrazione del WeGenerate *Impact Pathway*. Fonte: WeGenerate *project*
WeGenerate process diagram with illustration of the WeGenerate Impact Pathway. WeGenerate project

08 |



– e l'adozione di strumenti di trasferimento tecnologico condivisi e *data-driven* offrono interessanti potenzialità e prospettive innovative per una governance territoriale più collaborativa, informata e responsiva alle emergenze ambientali e socioeconomiche. L'uso di piattaforme digitali, intelligenza artificiale e *data analytics* può potenziare la raccolta, l'analisi e la condivisione di dati tra ricercatori, *policy-makers* e *stakeholder*, e può favorire inoltre la creazione di strumenti per valutare non solo

The experiences analysed show that despite the limited duration of funding, the direct involvement of key players-including public agencies, businesses, civil society, and academia-has enabled the development of policies, networks, and operational tools that continue to produce effects beyond the end of individual projects.
The literature on innovation ecosystems emphasises the importance of synergy among heterogeneous projects to amplify the impact of territorial policies. This is the case with GRETA's Community Transition Pathways and Energy Citizenship Contracts, which serve as a *baseline* for the regenerative model proposed by WeGenerate, especially with regard to the Roadmap. Similarly, the Security and Vulnerability Assessment (SVA) offered by the SAFE-CITIES Platform enabled the definition of replicable methodologies and created a market-ready product.
The data-driven approach enhances projects with a touch of innovation. Indeed, the design and use of these tools, as well as the identification of metrics and indicators, take place through co-design. Moreover, it leverages technologies and measurement tools developed in the project ecosystem. Specifically, and in relation to Knowledge Transfer Metrics (European Union 2022; 2023) indicators, projects have focused on specific indicators for each of the issues addressed:
– energy transition: measured through the uptake and effectiveness of Energy Citizenship Contracts, which demonstrate active involvement and emission reductions in vulnerable areas;
– urban Security: assessed through Security and Vulnerability Assessment tools that can identify and monitor critical issues in public spaces;
– housing regeneration: supported by spatialisation of socioeconomic vulnerabilities, which provides a map of risks and opportunities for intervention;
– sustainability of districts: attested by the integration of collaborative platforms that facilitate co-design and shared management of interventions.

The experiences conducted are characterised by integrated co-design practices, which allowed the development of tools, methodologies and indicators, including those mentioned above. Although with different declinations and in different contexts of application, they are the result of a common approach based on the direct involvement of stakeholders (companies, citizens, local authorities) in the definition of needs, design and development of solutions and technologies.

Conclusions

The challenges of contemporary, layered and interconnected cities require the University to play a primary role in analysing contexts, identifying solutions and their applications, and measuring their impacts. For this to happen effectively, it is necessary to move away from the perspective of producing and sharing scientific knowledge, and to embrace a perspective in which the University becomes the promoter of a collaborative ecosystem with long-term strategies and goals. To do so, it does not suffice to replicate the university's third mission as it is commonly practiced today, by relegating engagement activities with the quintuple helix to the communication and dissemination of results or to

gli output scientifici, ma anche i cambiamenti nei contesti sociali, culturali o organizzativi.
In conclusione, il modello qui presentato non solo favorisce un'interazione più stretta tra università e comunità, ma getta le basi per interventi strategici capaci di promuovere un approccio efficace per azioni nello scenario di sviluppo sostenibile e partecipativo. In questo modo, la terza missione si configura come un motore di innovazione che, attraverso la condivisione e la sistematizzazione dei risultati, può contribuire a una trasformazione consapevole e duratura dei processi di rigenerazione territoriale e trasformazione della società.
Integrazione e sistematizzazione dei risultati, supportate da approcci *data-driven* e modelli innovativi come il *Quadruple/Quintuple Helix*, consentono di sviluppare una governance territoriale informata, resiliente e partecipativa.
Tale approccio, sostenuto da indicatori verificabili, rappresenta un contributo solido e replicabile per le politiche di sviluppo sostenibile, in linea con le direttive europee.

REFERENCES

Baldwin, C. and Von Hippel, E. (2011), "Modeling a paradigm shift: From producer innovation to user and open collaborative innovation", *Organization Science*, Vol. 22, No. 6, pp. 1399-1417. Available at: https://doi.org/10.1287/orsc.1100.0618 (Accessed on 25/02/2025).

Carayannis, E.G. and Campbell, D.F. (2009), "'Mode 3' and 'Quadruple Helix': toward a 21st century fractal innovation ecosystem", *International Journal of Technology Management*, Vol. 46, Nos. 3-4, pp. 201-234. Available at: https://doi.org/10.1504/IJTM.2009.023374 (Accessed on 04/02/2025).

Chesbrough, H. (2003), *Open Innovation: The New Imperative for Creating and Profiting from Technology*, Harvard Business School Press, Boston, MA.

Compagnucci, L. and Spigarelli, F. (2020), "The Third Mission of the university: A systematic literature review on potentials and constraints", *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 161, p. 120284. Available at: https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120284 (Accessed on 28/03/2025).

Eden, C. and Ackermann, F. (2018), "Theory into practice, practice to theory: Action research in method development", *European Journal of Operational Research*, Vol. 271, No. 3, pp. 1145-1155. Available at: https://doi.org/10.1016/j.ejor.2018.05.061 (Accessed on 28/03/2025).

Etzkowitz, H. and Leydesdorff, L. (2000), "The dynamics of innovation: from National Systems and 'Mode 2' to a Triple Helix of university-industry-government relations", *Research Policy*, Vol. 29, No. 2, pp. 109-123. Available at: https://doi.org/10.1016/S0048-7333(99)00055-4 (Accessed on 14/02/2025).

European Union (2020), Knowledge Transfer Metrics. Towards a European-wide Set of Harmonised Indicators, European Commission. Available at: https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC120716 (Accessed on 04/02/2025).

European University Association (2023), EUA Innovation Agenda 2026. Available at: https://www.eua.eu/downloads/publications/eua%20innovation%20agenda%202026.pdf (Accessed on 04/02/2025).

Gibbons, M., Limoges, C., Nowotny, H., Schwartzman, S., Scott, P. and Trow, M. (1994), *The New Production of Knowledge: The Dynamics of Science and Research in Contemporary Societies*, SAGE, London.

Lindvall, D. (2021), *Democracy and the Challenge of Climate Change*, IDEA Publications. Available at: https://www.idea.int/publications/catalogue/democracy-and-challenge-climate-change (Accessed on 25/02/2025).

Losasso, M. (2014), "Ricerca, progetto architettonico e trasferimento delle conoscenze", *TECHNE – Journal of Technology for Architecture and Environment*, Vol. 8, pp. 8-12. Available at: https://doi.org/10.13128/Techne-15050 (Accessed on 25/02/2025).

Magliacani, M. (2023), "How the sustainable development goals challenge public management. Action research on the cultural heritage of an Italian

laboratory activities circumscribed to a *project-based* methodology in order to ensure that technology transfer of project results takes place in the long term. In addition to this, it is necessary for the university to capitalise on the abundance of qualitative-quantitative data it can produce through innovative methods and technologies in order to be able to generate, upstream, context analyses and consequently *data-driven* approaches and, downstream, robust project impact assessments.
The scenarios and research actions illustrated in this contribution show how the integration of the research-action paradigm into the university's third mission is an innovation capable of transforming the traditional knowledge transfer model. The synergy between European projects-ranging from energy transition to urban regeneration-and the adoption of shared and data-driven technology transfer tools offer interesting potential and innovative perspectives for a more collaborative, informed and responsive territorial governance to environmental and socioeconomic emergencies. The use of digital platforms, artificial intelligence, and data analytics can enhance the collection, analysis, and sharing of data among researchers, policy-makers, and stakeholders. It can also facilitate the creation of tools to assess not only scientific outputs, but also changes in social, cultural, or organisational contexts.
In conclusion, the model presented here not only fosters a closer interaction between the university and the community, but also lays the foundation for strategic interventions capable of promoting an effective approach by implementing actions in the scenario of sustainable and participatory development. The third mission is thus configured as an engine of innovation that, by sharing and systematising results, can contribute to a conscious and lasting change in territorial regeneration processes and in the transformation of society.
Integration and systematisation of results, supported by data-driven approaches and innovative models such as the Quadruple/Quintuple Helix, enable the development of informed, resilient and participatory spatial governance.
This approach, supported by verifiable indicators, is a solid and replicable contribution to sustainable development policies, in line with European directives.

smart city", *Journal of Management and Governance*, Vol. 27, No. 3, pp. 987-1015. Available at: https://doi.org/10.1007/s10997-022-09659-3 (Accessed on 25/02/2025).

Medina, M.G. and Huete García, M.Á. (2020), "Real innovation in urban planning? Assessing the institutional capacity in the frame of the integrated sustainable urban development programmes", *European Planning Studies*, Vol. 28, No. 6, pp. 1139-1160. Available at: https://doi.org/10.1080/09654313.2019.1675601 (Accessed on 02/03/2025).

Pelagallo, F., Pellegrini, M.M., Giannitelli, R. and Sartini, P. (2021), "University and social innovation: the case of an urban regeneration in the Municipality of Rome", *International Journal of Public Sector Performance Management*, Vol. 7, No. 2, pp. 264-286. Available at: http://dx.doi.org/10.1504/IJPSPM.2021.10036678 (Accessed on 02/03/2025).

Perulli, A., Rostan, M. and Semenza, R. (Eds.) (2019), La terza missione degli accademici italiani, Il Mulino, Bologna.

Porta, L. (2021), "Terza Missione: come si misura il trasferimento di conoscenza", *Riflettere | Proporre | Agire*, 17 April. Available at: https://educationaround.org/blog/2021/04/17/terza-missione-come-si-misura-il-trasferimento-di-conoscenza/ (Accessed on 25/04/2025).

Pundt, H. and Heilmann, A. (2020), "Building collaborative partnerships: an example of a 3rd mission activity in the field of local climate change adaptation", in Leal Filho, W., Salvia, A.L., Pretorius, R.W. and Brandli, L.L. (Eds.), *Universities as Living Labs for Sustainable Development: Supporting the Implementation of the Sustainable Development Goals*, Springer, Cham, pp. 621-636. Available at: https://doi.org/10.1007/978-3-030-15604-6_38 (Accessed on 04/03/2025).

Ranga, M. and Etzkowitz, H. (2013), "Triple Helix Systems: An Analytical Framework for Innovation Policy and Strategy in the Knowledge Society", *Triple Helix International Conference*. Available at: http://dx.doi.org/10.5367/ihe.2013.0165 (Accessed on 04/03/2025).

Thorsten, D.B. (2011), "The Idea of a Green New Deal in a Quintuple Helix Model of Knowledge, Know-How and Innovation", *International Journal of Social Ecology and Sustainable Development*, Vol. 2, No. 1, pp. 1-14. Available at: https://ideas.repec.org/a/igg/jsesd0/v2y2011i1p1-14.html (Accessed on 25/02/2025).

Turriziani, L. (2024), *Il processo di trasferimento tecnologico universitario*, Wolters Kluwer, Alphen aan den Rijn.

Ricerca e imprenditorialità accademica. Trasferimento tecnologico in contesti di transizione digitale e decarbonizzazione dell'ambiente costruito

Maria Azzalin, https://orcid.org/0000-0002-4890-9251 maria.azzalin@unirc.it
Dipartimento di Architettura e Design, Università degli Studi Mediterranea di Reggio Calabria, Italia

Abstract. Interoperabilità, digitalizzazione, gestione informativa, tecnologie *smart*, *digital twin* sono alcuni degli elementi che caratterizzano la mission aziendale di BIGsrl *Spin-off* Accademico. Questioni aperte che configurano opportunità di ricerca e sviluppo capaci di stimolare crescita economica e sostenibilità all'interno dei processi di trasformazione dell'ambiente costruito. Parallelamente le azioni di costruzione, sperimentazione e implementazione di un *Management Model* per la gestione digitale dell'ambiente costruito ne definiscono l'operatività configurando specifiche esperienze di trasferimento tecnologico; i relativi impatti e benefici, i ritorni sul piano della formazione insieme ai nuovi potenziali orizzonti di ricerca, confermando il ruolo di BIGsrl come *player* d'innovazione.

Parole chiave: Transizione digitale; Decarbonizzazione; BIM; *Digital Twin*; Manutenzione Predittiva.

Ricerca e imprenditorialità accademica. BIGsrl una storia di sinergia possibile

Il modello della tripla elica, che unisce università, imprese e istituzioni, sottolinea l'importanza degli atenei come centri di formazione e ricerca di base, ma allo stesso tempo riconosce loro il ruolo strategico di hub di innovazione e motore di sviluppo industriale.

In questo ecosistema dinamico che integra contemporaneamente dimensioni culturali, sociali, economiche e di innovazione, gli *spin-off* accademici rappresentano gli elementi catalizzatori di un processo, la cui essenza risiede nel concetto stesso di conoscenza come bene economico e nell'idea della sua valorizzazione come volano di sviluppo (Foray, 2004). Rappresentano realtà e strumenti capaci di trasferire la conoscenza teorica in soluzioni tecnologiche operative, generando valore e benefici nell'ecosistema territoriale. Uno scenario i cui numeri sono indicativi: nel 2022, sono stati censiti ben 2.020 *spin-off* in Italia, con un aumento e una crescita significativa rispetto agli anni precedenti (Rapporto Netval, 2024). Uno scenario di imprenditorialità accademica consolidato in cui si colloca anche BIGsrl, Building Innovative Governance srl *Spin-off* Accademico dell'Università Mediterranea di Reggio Calabria (www.bigspinoff.it).

BIGsrl sperimenta e promuove un sistema di governance innovativo dei patrimoni immobiliari in un'ottica *life cycle thinking* e *climate neutral*, affrontando temi come la gestione sostenibile delle risorse, la decarbonizzazione, la digitalizzazione, l'adozione di tecnologie digitali e *smart*. Opera all'interno degli ambiti disciplinari della progettazione tecnologica ambientale, ne condivide gli approcci multidisciplinari, integrando cultura del progetto e approcci ad alto contenuto di innovazione tecnologica. La sua mission risponde ad un'esigenza concreta, ed espressa da tempo nell'ambito del settore delle costruzioni e delle trasformazioni dell'ambiente costruito, di rinnovamento delle prassi progettuali e operative compresa la necessità di integrare i nuovi approcci e strumenti tecnologici e digitali (Pérez *et al.*, 2024; Westergren *et al.*, 2024). Esigenze che le attuali sfide ambientali e climatiche poste da Agenda 2030 e dalle strategie europee per la transizione ecologica e digitale hanno reso urgenti e improrogabili (European Commission, 2020; 2021a; 2021b).

L"interoperabilità, la gestione del capitale informativo, lo scambio di dati, le tecnologie digitali, il *digital twin*, sono alcuni dei temi che, affrontati nelle attività di ricerca sperimentale e sviluppo industriale confluiscono nelle azioni di trasferimento tecnologico, e nei servizi erogati da BIGsrl.

Il contributo è occasione per delineare, attraverso tre esperienze di trasferimento tecnologico, eterogenee tra loro, le dinami-

Research and Academic Entrepreneurship: Technological Transfer in the Contexts of Digital Transition and Decarbonisation of the Built Environment

Abstract. Interoperability, digitisation, information management, smart technologies, and digital twins are some of the key elements defining the corporate mission of BIGsrl, an Academic Spin-off. These open issues present research and development opportunities capable of driving economic growth and sustainability within the processes of transformation of the built environment. Simultaneously, the construction, experimentation, and implementation of a Management Model for the digital management of the built environment define its operational framework, creating specific technological transfer experiences. These experiences involve their related impacts and benefit, returns in terms of training, and new potential research horizons, thereby confirming BIGsrl's role as an innovation player.

Keywords: Digital Transition; Decarbonization; BIM; Digital Twin; Predictive Maintenance.

Research and Academic Entrepreneurship: BIGsrl, A Story of Possible Synergy

The Triple Helix model, which integrates universities, businesses, and institutions, highlights the importance of universities as centres for basic research and education, while also recognising their strategic role as hubs for innovation and engines of industrial development.

In this dynamic ecosystem, which simultaneously integrates cultural, social, economic, and innovation dimensions, academic spin-offs serve as catalysts for a process, whose essence lies in the concept of knowledge as an economic asset and the idea of its enhancement as a driver of development (Foray, 2004). They represent entities and tools capable of transferring theoretical knowledge into operational technological solutions, generating value and benefits within the territorial ecosystem. A scenario whose numbers are indicative: in 2022, there were 2,020 spin-offs registered in Italy, showing a significant increase compared to previous years (Netval Report, 2024). This is a well-established scenario of academic entrepreneurship in which BIGsrl is also positioned.

BIGsrl (Building Innovative Governance Srl) is an academic spin-off from the University Mediterranea of Reggio Calabria (www.bigspinoff.it).

BIGsrl experiments with and promotes an innovative governance system for real estate assets, adopting a life cycle thinking and climate-neutral approach, addressing issues such as sustainable resource management, decarbonisation, digitalisation, and the adoption of smart digital technologies. It operates within the fields of environmental technological design, sharing

ISSN online: 2239-0243 | © 2025 Author(s) | http://www.fupress.com/techne | DOI: 10.36253/techne-17419
Open access, peer-reviewed article published by Firenze University Press (https://www.fupress.com) and distributed, except where otherwise noted, under the terms of the CC BY 4.0 License for content and CC0 1.0 Universal for metadata

che che hanno permesso a BIGsrl di emergere come attore di innovazione, interagendo attivamente con il tessuto imprenditoriale e con quello delle amministrazioni pubbliche, mettendo in valore, attraverso un processo sinergico di mutuo scambio il *know-how* scientifico e di ricerca con le nuove conoscenze *market orented*. Si cercherà di evidenziarne le ricadute e i benefici economici e di innovazione, introducendo alcuni possibili indicatori identificati per misurare gli impatti concreti delle esperienze descritte e valutare le future attività di implementazione dei servizi e le opportunità di ricerca.

Una storia di sinergia possibile

La storia di BIGsrl è il risultato tangibile della sinergia tra ricerca, esperienza professionale e realtà industriale. Costituta, da sei Founders[1], dall'Università Mediterranea di Reggio Calabria, e da un partner industriale, Acca Software spa, BIGsrl, nasce nel 2018 come *spin-off* universitario e start-up innovativa, ed è oggi in fase di accreditamento come Piccola e Media Impresa Innovativa[2].

Il progetto imprenditoriale nasce dalla volontà di valorizzare i risultati delle ricerche condotte negli anni dai *founders*, sui temi della manutenibilità, manutenzione e gestione del patrimonio costruito, con le potenzialità delle tecnologie digitali. L'obiettivo è migliorare i processi di manutenzione e gestione del patrimonio costruito, affrontando le sfide dei cambiamenti climatici e della decarbonizzazione del comparto attraverso le potenzialità della digitalizzazione e delle tecnologie emergenti, supportando committenti pubblici e privati, enti e Pubbliche Amministrazioni (PA), nei relativi processi decisionali e attuativi.

Questa visione ha consentito la creazione di un'impresa con un alto valore tecnico-scientifico e un forte carattere di innovatività, trasferito nel *Management Model* (MM), un'infrastruttura collaborativa che rappresenta il *core business* dell'azienda nonché l'asse portante dei tre servizi oggi erogati a regime di Gestione Documentale (SGD), Digitalizzazione (SD) e *Cloud Computing* per la Manutenzione (SCCM) (Fig. 1).

L'originalità del progetto imprenditoriale, sin dalla sua prima declinazione in fase di *start up*, ha trovato conferma nell'interesse di Acca Software spa, uno dei principali attori nel campo delle soluzioni software per le costruzioni, divenuto successivamente partner industriale di BIGsrl; nella capacità di accesso a finanziamenti pubblici, come Coopstartup Calabria Ricomincio da T(r)E (2016), il POR Calabria FESR 2014/2020 (2018), e Smart&Start Italia (2021). Ed inoltre, nel riconoscimento di diversi premi per l'innovatività, tra cui Startcup Calabria (2016), SuperScienceMe (2021), e per tre edizioni consecutive il "Premio per l'Innovazione" della Camera di Commercio, consolidando la sua competitività e il ruolo di innovatore nel settore.

Ad oggi, BIGsrl integra ricerca industriale e sviluppo sperimentale, processi di trasferimento tecnologico e azioni di Terza Missione collaborando con enti pubblici, società e aziende pubbliche e private, società di ingegneria. Tra le collaborazioni più rilevanti, quelle con la Città Metropolitana e il Comune di Reggio Calabria, l'Aterp Regione Calabria e l'Agenzia del Demanio, che hanno permesso di ottenere impatti significativi sia a livello economico che di *know-how* in tema di digitalizzazione dei processi e di modellazione interoperabile (Servizi SDG e SD), in un processo osmotico di scambio tra ricerca di base e ricerca applicata, tra richieste e risposte *market oriented*.

Altrettanto importanti nel campo della formazione accademi-

multidisciplinary approaches and integrating project culture with high innovation technological strategies. Its mission responds to a concrete need, long-expressed within the construction sector and the transformation of the built environment, for a renewal of design and operational practices, including the integration of new technological and digital tools (Pérez *et al*., 2024; Westergren *et al*., 2024). These needs have become urgent and indispensable due to the current environmental and climate challenges outlined by Agenda 2030 and European strategies for ecological and digital transition (European Commission, 2020; 2021a; 2021b).

Interoperability, information capital management, data exchange, digital technologies, and digital twins are some of the topics addressed in BIGsrl's experimental research and industrial development activities, which culminate in technological transfer actions and services provided by the company.

This paper presents an opportunity to outline, through three heterogeneous technological transfer experiences, the dynamics that allowed BIGsrl to emerge as an innovation player, actively interacting with both the entrepreneurial sector and public administrations. This interaction highlights, through a synergistic process of mutual exchange, the integration of scientific research know-how with new market-oriented knowledge. The paper will explore the economic and innovation impacts of these experiences, introducing potential indicators identified to measure the concrete impacts of the described activities and evaluate future service implementation activities and research opportunities.

A Story of Possible Synergy

The story of BIGsrl is the tangible result of the synergy between research, professional experience, and industrial reality. Established in 2018 by six founders from the University Mediterranea of Reggio Calabria, along with an industrial partner, Acca Software S.p.A., BIGsrl was born as a university spin-off and innovative start-up, and is currently undergoing accreditation as a Small and Medium Innovative Enterprise (SME).

The entrepreneurial project originated from the desire to enhance the research outcomes achieved over the years by the founders, focusing on the themes of maintainability, maintenance, and management of the built heritage, in combination with the potential of digital technologies. The goal is to improve the maintenance and management processes of the built environment, addressing the challenges posed by climate change and decarbonisation within the sector through the possibilities offered by digitalisation and emerging technologies, while supporting both public and private clients, as well as public administrations (PAs), in their decision-making and operational processes.

This vision has enabled the creation of a company with high technical-scientific value and a strong innovative character, reflected in the Management Model (MM), a collaborative infrastructure that represents the company's core business as well as the backbone of the three services currently offered: Document Management (SGD), Digitalisation (SD), and Cloud Computing for Maintenance (SCCM) (Fig. 1).

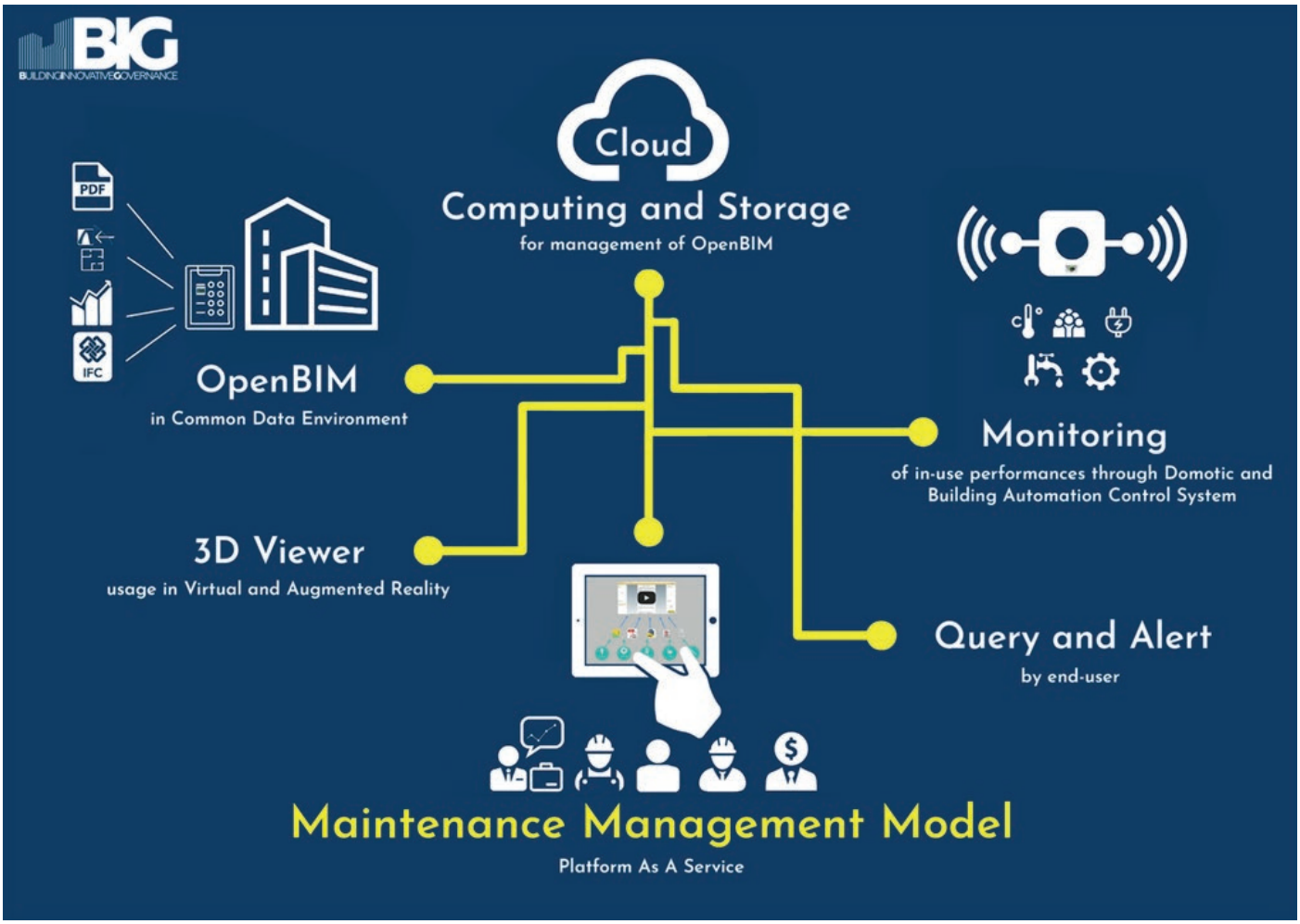
The originality of the entrepreneurial project, from its early startup phase,

ca le ricadute dell'impegno di BIGsrl nella disseminazione di *know-how* in tema di digitalizzazione e utilizzo delle tecnologie di interoperabilità BIM attraverso attività di workshop in discipline curriculari[3], partecipazioni a esperienze PCTO[4] e tirocini formativi attivati presso la sua sede e aperti agli studenti del Corso di Laurea Magistrale in Architettura e del *Master* di II livello *Building Information Modelling* dell'Università Mediterranea di Reggio Calabria.
Le azioni di ricerca, le sperimentazioni applicative e in particolare la prototipazione di versioni customizzate del MM, alcune delle quali presentate a seguire, evidenziano i progressivi *upgrade* delle performance aziendali, gli sviluppi tecnologici e gli impatti positivi che ne derivano, sia a livello aziendale che nel territorio. *Upgrade* tecnologici, validati anche a livello scientifico grazie a diverse pubblicazioni su riviste specializzate (Lauria and Azzalin, 2020; 2022; 2023; 2024), che attestano la solidità e il valore delle attività di BIGsrl nel campo della ricerca e dell'innovazione.

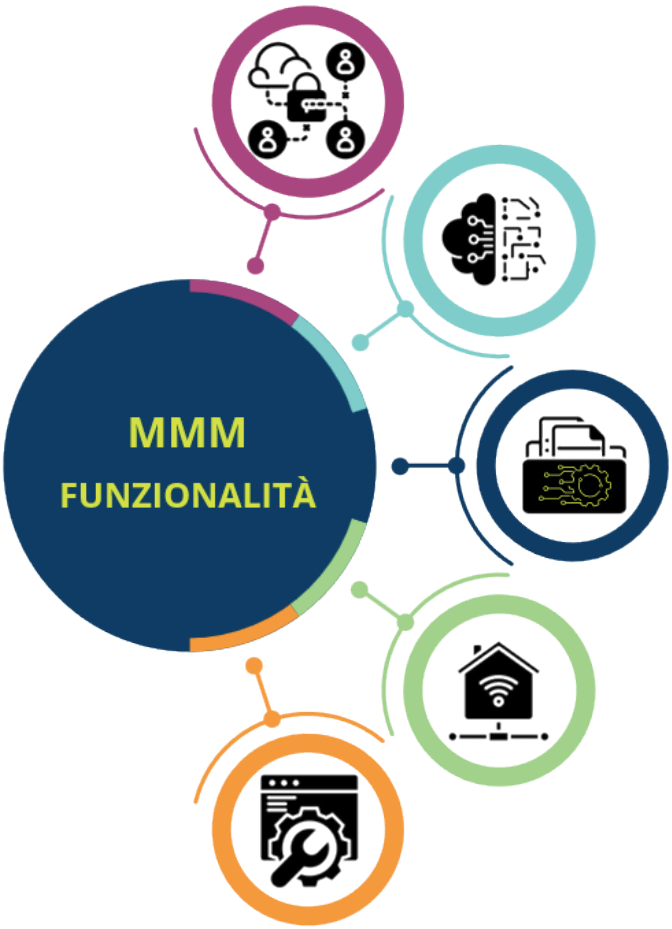
Innovazione di processo per la gestione dell'ambiente costruito. Il Management Model

Le soluzioni tecnologiche proposte da BIGsrl rispondono agli obiettivi di transizione ecologica e digitale definiti da Agenda 2030, dal *Next Generation EU* e dalla Missione 4 del PNRR. La reingegnerizzazione dei processi, l'uso di sistemi informativi e database relazionali per la condivisione delle informazioni e l'approccio *digital twin*, insieme alla loro reciproca messa a sistema rappresentano l'originalità e l'innovazione del *Management Model* (MM), delineandone anche gli orizzonti di ricerca e implementazione futura connessa al raggiungimento di una nuova resilenza del patrimonio costruito nei confronti delle sfide poste dai cambiamenti climati-

| 01



ci: dagli eventi estremi, alla decarbonizzazione del comparto, al risparmio e all'efficientamento energetico.
In questo scenario, il MM si pone come infrastruttura collaborativa integrata accessibile online con un cloud dedicato per l'archiviazione e gestione dei modelli digitali. Progettato per la gestione avanzata del patrimonio costruito, con un forte focus sulla manutenzione predittiva, il MM garantisce l'interoperabilità tra diversi *software* e tra tutti gli operatori coinvolti nell'ottimizzazione del ciclo di vita di un edificio compresi gli *end-users*.
Due le funzionalità principali. L'una informativa, connessa alla capacità di fornire e gestire dati; l'altra di ottimizzazione dei processi attraverso l'automazione e l'analisi predittiva, a supporto del miglioramento dell'efficienza e della riduzione dei costi operativi. Inoltre, è integrabile con una serie di funzionalità aggiuntive implementabili e customizzabili (Fig. 2).
I valori di maturità tecnologica, *Technology Readiness Level* (TRL), del *Management Model* sono differenziati in funzione degli *upgrade* tecnologici raggiunti dalle diverse prototipazioni realizzate e sperimentate, ognuna delle quali esprime innovazione incrementale, grazie all'integrazione di tecnologie abilitanti e innovazione radicale, legata alla standardizzazione del linguaggio di codifica dei dati (IFC, ISO16739). Tra le diverse prototipazioni, la più recente, il DT4SEM, un *Digital Twin* per il monitoraggio sismico, descritto nei paragrafi a seguire, ha raggiunto un TRL 9, una tecnologia testata con successo in ambienti operativi reali. Condizione per la quale si sta valutando l'avvio della procedura di richiesta di ricerca di anteriorità ai fini della brevettazione.



Aspetti tecnologici e funzionamento del Management Model.
L'architettura del MM è costituta da tre componenti principali. Un Sistema di Interfaccia Informativo (*Data Integration Layer*), che garantisce l'integrazione tra diverse fonti di dati e software, utilizzando protocolli *open standard* come l'IFC (ISO 16739). Questo livello facilita la comunicazione tra applicazioni di modellazione 3D, *facility management* e analisi predittiva, con-

was confirmed by the interest of Acca Software S.p.A., one of the leading actors in the field of software solutions for construction, which later became BIGsrl's industrial partner. Additionally, the ability to access public funding, such as Coopstartup Calabria Ricomincio da T(r)E (2016), the POR Calabria FESR 2014/2020 (2018), and Smart&Start Italia (2021), further validated the initiative. Furthermore, BIGsrl received several awards for innovation, including the Startcup Calabria (2016), SuperScienceMe (2021), and for three consecutive editions, the "Innovation Award" from the Chamber of Commerce, consolidating its competitiveness and its role as an innovator in the sector.
To date, BIGsrl integrates industrial research and experimental development, technological transfer processes, and Third Mission activities by collaborating with public entities, public and private companies, and engineering firms. Among its most notable collaborations are those with the Metropolitan City and the Municipality of Reggio Calabria, Aterp Regione Calabria, and the Agency of State Property, which have led to significant impacts both economically and in terms of know-how in the fields of process digitalisation and interoperable modelling (SDG and SD services). These collaborations represent an osmotic exchange between basic research and applied research, addressing market-oriented demands and responses.
Equally important in the field of academic training are the outcomes of BIGsrl's commitment to disseminating know-how in digitalisation and the use of BIM interoperability technologies. This is achieved through workshops in curricular disciplines, participation in PCTO (Pathways for Transversal Skills and Orientation) experiences, and internships at BIGsrl's headquarters, which are open to students from the Master's degree in Architecture and the II-level Master in Building Information Modelling at the University Mediterranea of Reggio Calabria.
Research activities, practical experiments, and particularly the prototyping of customised versions of the MM – some of which are presented here – highlight the progressive upgrades of the company's performance, technological developments, and the positive impacts that follow, both at the company level and within the local community. These technological upgrades, scientifically validated through several publications in specialised journals (Lauria and Azzalin, 2020; 2022; 2023; 2024), confirm the robustness and value of BIGsrl's activities in the field of research and innovation.

Process Innovation for Built Environment Management: The Management Model
The technological solutions proposed by BIGsrl align with the ecological and digital transition goals outlined in Agenda 2030, the Next Generation EU, and Mission 4 of the Italian National Recovery and Resilience Plan (PNRR). The re-engineering of processes, the use of information systems and relational databases for data sharing, and the digital twin approach, along with their integration, represent the originality and innovation of the Management Model (MM). This model also outlines the future research and implementation horizons associated with achieving enhanced resilience of the built environment in the face of challenges posed by climate change, including extreme events, decarbonisation of the sector, and energy efficiency and savings.

sentendo una condivisione fluida e affinabile dei dati, anche in tempo reale.
Una Piattaforma Collaborativa (PaaS), accessibile da *desktop* e dispositivi mobili, che gestisce tutte le tipologie di dati e *dataset*, i modelli digitali BIM e i dati provenienti da dispositivi IoT; ed è adattabile a diverse esigenze, integrando anche realtà virtuale (VR) per simulazioni immersive. La piattaforma supporta la collaborazione in tempo reale tra i vari attori del processo di gestione e manutenzione, permettendo la simulazione tramite algoritmi di *machine learning* e intelligenza artificiale a supporto di processi decisionali di manutenzione programmata e/o predittiva.
Un *Cloud* Dedicato, un'infrastruttura scalabile che raccoglie, conserva e gestisce i dati provenienti da database, modelli digitali, come BIM e *Digital Twin*, ecc., garantendo alta disponibilità e protezione dei dati attraverso sistemi di *backup* e *disaster recovery*.
A questi tre componenti si associano le potenzialità date dall'interazione con il *Digital Twin*, le nuvole di punti, il BIM e i sistemi IoT, la realtà virtuale, che divengono di volta in volta a seconda delle specificità della sperimentazione veri e propri strumenti di caratterizzazione del MM.
Il *Digital Twin*, inquanto modello dinamico e sincronizzato che replica in tempo reale le condizioni fisiche delle infrastrutture, consente nel MM di simulare scenari di guasto e ottimizzare le operazioni di manutenzione e ripristino. L'integrazione con la realtà aumentata (AR) e la realtà virtuale (VR) migliora ulteriormente la visualizzazione e il controllo da parte degli operatori migliorando modalità e tempi di intervento con un forte impatto sulla sostenibilità e sull'efficienza operativa.
Il BIM è integrato nel MM attraverso la Piattaforma Collaborativa, che permette di visualizzare e interrogare i modelli tridimensionali e la generazione automatica di report specifici in relazione alle funzionalità attivate e/o richieste: consumi energetici, comportamento sismico, uso degli spazi, ecc.
Infine, i sistemi di sensori IoT forniscono i dati, che, in tempo reale aggiornano il *Digital Twin*, alimentando algoritmi di analisi predittiva per migliorare l'efficienza operativa e supportare decisioni.
Le recenti prototipazioni customizzate del MM, e in particolare il DT4SEM, rappresentano un esempio significativo dell'uso integrato di tali tecnologie, assunte come comune denominatore per rispondere alle attuali sfide globali: dalla sostenibilità al digitale, dall'energia all'efficientamento, dalla riduzione delle emissioni alla decarbonizzazione (Errandonea *et al*., 2020; Baghalzadeh Shishehgarkhaneh *et al*., 2022; Yin *et al*., 2023).

Azioni di trasferimento tecnologico in contesti di transizione digitale. Esperienze applicative

BIGsrl ha fondato, fin dall'inizio la propria operatività su un approccio sistemico che combina metodi induttivi ad approcci cosiddetti *curiosity-driven*, determinanti nell'esplorazione di soluzioni non convenzionali che aprono a possibilità tecnologiche non ancora esplorate. Così è stato anche per le sperimentazioni riportate a seguire grazie alle quali sono stati possibili gli attuali *upgrade* delle funzionalità del MM. Ciascuna sperimentazione, in particolare, nell'integrare processi di rilievo digitale tramite nuvola di punti (Scan to BIM) (Banfi, *et al*., 2022; Mirzaei *et al*., 2022), tecnologie di realtà virtuale e aumentata (Boton, 2018), e di *Imaging Method*, ha garantito la costruzione di modello digitale *as-built*, (BIM authoring o IFCopenBIM) (Nawrocka *et al*., 2023), combinato con un siste-

In this context, the MM serves as an integrated collaborative infrastructure, accessible online through a dedicated cloud for the storage and management of digital models. Designed for the advanced management of built heritage, with a strong focus on predictive maintenance, the MM ensures interoperability between different software and all operators involved in optimizing the lifecycle of a building, including end-users.
There are two main functionalities. The first, "Informational", is related to the ability to provide and manage data, while the second optimises processes through automation and predictive analytics, supporting the improvement of efficiency and reduction of operational costs. Additionally, it can be integrated with a range of customisable and implementable additional functionalities (Fig. 2).
The Technology Readiness Levels (TRL) of the Management Model vary depending on the technological upgrades achieved through different prototypes, each demonstrating incremental innovation via the integration of enabling technologies, as well as radical innovation linked to the standardisation of data coding languages (IFC, ISO16739). Among the various prototypes, the most recent, the DT4SEM, a digital twin for seismic monitoring, described in the following sections, has reached a TRL 9, a technology successfully tested in real-world operational environments. Consequently, the procedure for filing a patent search for prior art is being considered.

Technological Aspects and Functionality of the Management Model
The architecture of the MM consists of three main components:
Data Integration Layer: This ensures integration between various data sources and software, using open standards such as IFC (ISO 16739). This layer facilitates communication between 3D modelling applications, facility management, and predictive analysis, allowing for smooth, real-time data sharing and refinement.
Collaborative Platform (PaaS): Accessible via desktop and mobile devices, this platform manages all types of data, datasets, BIM digital models, and IoT data. It is adaptable to various needs and also integrates virtual reality (VR) for immersive simulations. The platform supports real-time collaboration among the various actors involved in management and maintenance processes, enabling simulation via machine learning algorithms and artificial intelligence to support decision-making for planned and/or predictive maintenance.
Dedicated Cloud: A scalable infrastructure that collects, stores, and manages data from databases, digital models such as BIM and Digital Twins, etc., ensuring high availability and data protection through backup and disaster recovery systems.
These three components are enhanced by the interaction with the Digital Twin, point clouds, BIM, IoT systems, and virtual reality, which, depending on the specifics of the experiment, serve as characterisation tools for the MM.
The Digital Twin, as a dynamic and synchronised model that replicates in real-time the physical conditions of infrastructures, enables the MM to simulate failure scenarios and optimise maintenance and restoration operations. Integration with augmented reality (AR) and virtual reality (VR) further enhances visualisation and

03| a. Stabilimento FonteMangiatorella, Stilo, Reggio Calabria; b. Fase ispettiva da remoto e interfaccia sistemi IoT ambientali; c. Creazione di *ticket* ispettivi di controllo funzionamento e accesso in tempo reale a *checklist*; d. Sperimentazione d worker training da remoto con istruzioni visive *online*

a. Fonte Mangiatorella Plant, Stilo, Reggio Calabria; b. Remote Inspection Phase and Interface with Environmental IoT Systems; c. Creation of Inspection Tickets for Operational Control and Real-Time Access to Checklists; d. Remote Worker Training Experiment with Online Visual Instructions

ma innovativo di gestione visuale e di navigazione 3D, *customer oriented* fruibile anche tramite dispositivi mobili da parte di diversi tipi di operatori/utenti. Un sistema, di cui si sta verificando la scalabilità e replicabilità in altri contesti e scale di riferimento a partire da una versione Beta dell'applicazione messa a disposizione da ACCA Software. Ulteriore valore aggiunto comune a ciascuna esperienza, è la definizione di protocolli specificatamente dedicati per l'acquisizione, lo scambio e l'utilizzo delle informazioni, in conformità alle indicazioni della norma ISO 29481-1:2016, che definisce i processi e i relativi flussi di informazioni nel ciclo di vita di una costruzione. Ciò ha assicurato non solo la strutturazione e la disponibilità dei relativi protocolli ma la coerenza e l'efficacia di tali processi per la gestione del capitale informativo, confermandone la replicabilità.

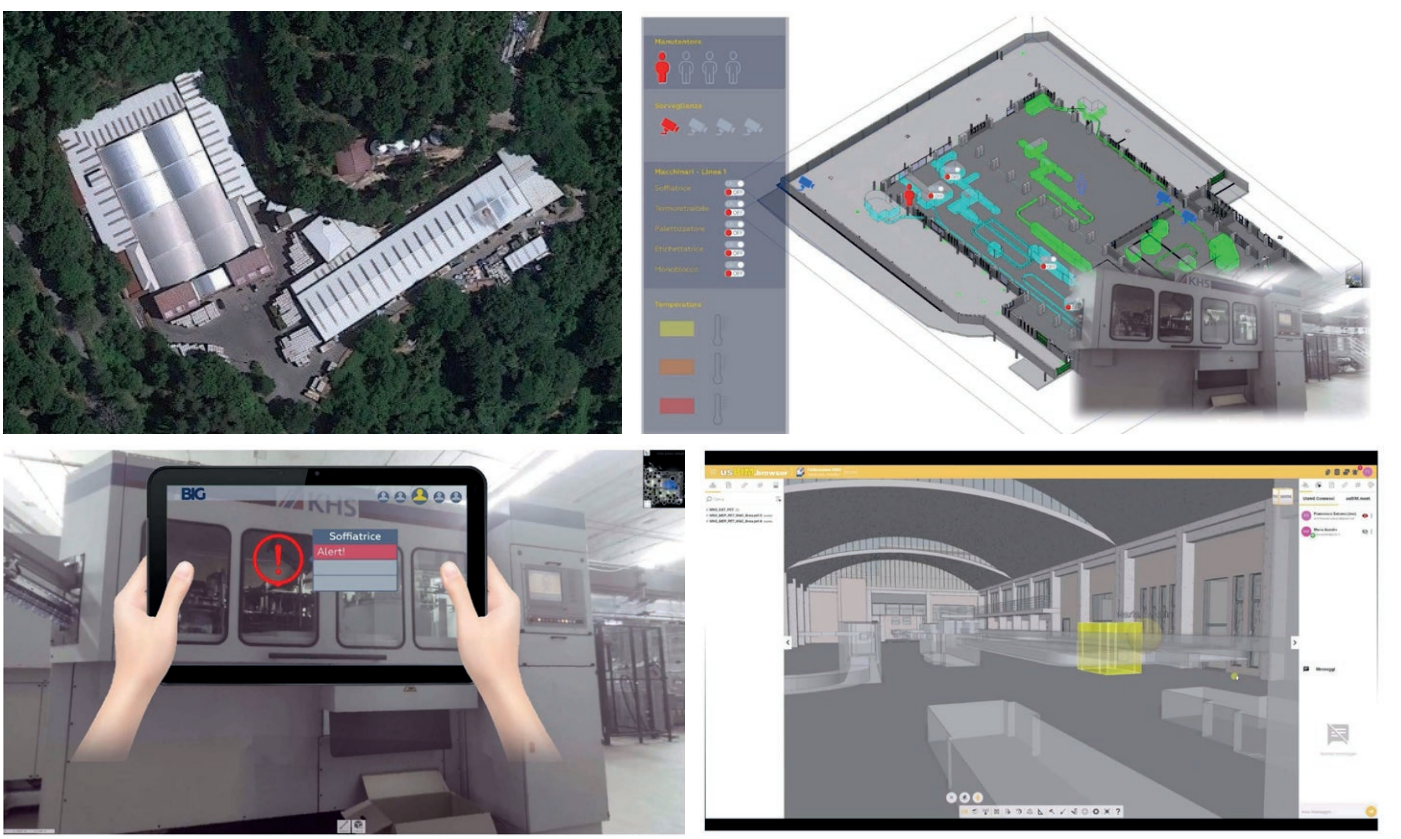
Stabilimento FonteMangiatorella, Stilo, Reggio Calabria
Esperienza applicativa di integrazione IoT, realtà virtuale e aumentata nei processi di gestione e manutenzione (Progetto PRESMA)

BIG Srl, in qualità di *partner* tecnologico, ha supportato Mangiatorella S.p.A., *leader* nel settore delle acque minerali nel Sud Italia, nell'avvio di un progetto di ammodernamento della gestione dello stabilimento di Stilo (RC) con l'obiettivo principale di ottimizzare l'efficienza operativa e contenere i costi di manutenzione. In tale ambito, BIG Srl ha proposto e implementato un sistema di gestione digitale, integrando modelli BIM, sistemi IoT per il monitoraggio in tempo reale delle prestazioni ambientali e funzionalità personalizzate per la manutenzione predittiva, il monitoraggio delle condizioni operative e ambientali degli impianti, la gestione degli interventi da remoto e la sperimentazione di modalità di *worker training* (Fig. 3) (Lauria and Azzalin, 2023).

Il sistema è stato implementato da dispositivi mobili, realtà aumentata e da un sistema di gestione operativa interattiva, il *Visual Site Maintenance Management*, grazie alla *partnership* con ACCA Software, che ne ha fornito una versione Beta, customizzata durante la fase di sperimentazione.

L'utilizzo della realtà aumentata, l'integrazione con dispositivi mobili e *wearables*, uniti a *tag* e tecnologie di localizzazione ha consentito la sperimentazione di simulazioni di *worker training* innovative per la formazione degli addetti alla manutenzione e per la gestione degli stessi interventi di manutenzione anche da remoto.

03 |



BIGsrl ha svolto un ruolo centrale nell'integrazione e nel *testing* delle tecnologie in un contesto industriale reale, applicando il suo expertise in tema di manutenzione predittiva, gestione dei processi e modellazione BIM. Il sistema proposto ha mostrato evidenti benefici per l'azienda, tra cui un notevole miglioramento dell'efficienza operativa, la riduzione dei tempi di inattività degli impianti e l'ottimizzazione delle risorse. Inoltre, il sistema, dinamico e adattabile, si è dimostrato scalabile e replicabile adattandosi facilmente ad altri contesti industriali, confermando la sua versatilità.

DT4SEM, Edificio Residenziale, Ponte della Libertà, Reggio Calabria
Esperienza applicativa condotta in collaborazione con Berna Engineering srl, la startup Sysdev e ACCA Software spa per il monitoraggio continuo delle prestazioni sismiche, applicato in via sperimentale ad un edificio residenziale esistente sottoposto a ristrutturazione.
La sperimentazione condotta con Berna Engineering srl, Sysdev e ACCA Software integra in un intervento di riqualificazione, l'opportunità offerta dal Sisma-bonus, di ottimizzare la sicurezza strutturale e le performance sismiche dell'edifico (Fig. 4) (Lauria and Azzalin, 2024).
La sperimentazione è il risultato dell'integrazione delle tecnologie ed *expertise* messe a disposizione dai diversi *partner* convolti: sono stati combinati i modelli BIM, il sistema di sensori per il rilevamento delle sollecitazioni sismiche, e la piattaforma *cloud usBIM*.
La sincronizzazione del modello virtuale dell'edificio con la struttura fisica, avviato a regime dall'ottobre 2024, consente ad oggi il monitoraggio costante e aggiornamenti in tempo reale del modello digitale. Un aspetto particolarmente innovativo del sistema è l'analisi dei *Big Data*, che permette di identificare e prevedere anomalie nel comportamento sismico, supportando decisioni tempestive. Inoltre, in caso di eventi sismici, il sistema consente di effettuare valutazioni post-evento, ottimizzando le operazioni di emergenza e contribuendo a una gestione più efficiente delle risorse, dei tempi di intervento e di verifica di agibilità successiva al sisma.
Determinante anche in questo caso il contributo di BIGsrl, che ha coordinato le azioni di integrazione delle diverse tecnologie, rendendo i sensori non semplici elementi del sistema di monitoraggio ma elementi propri del modello BIM, intervenendo direttamente sugli *script* e i relativi attributi di modellazione.
La sperimentazione condotta ha consentito a BIGsrl di raggiungere per la prototipazione specifica del DT4SEM un livello di maturità tecnologica del MM pari a un TRL9, configurando un modello replicabile e aprendo a nuove prospettive nel campo della progettazione, ristrutturazione, gestione e monitoraggio sismico delle strutture edilizie (Kulinan *et al*., 2023).
La sperimentazione si configura come una *best practice* che può essere applicata a contesti edilizi diversi, consolidando un approccio altamente tecnologico e innovativo nel controllo delle prestazioni sismiche degli edifici residenziali privati, con un impatto significativo sia sulla sicurezza che sull'economia del settore e per i proprietari.

control by operators, improving intervention modes and times, with a significant impact on sustainability and operational efficiency.
BIM is integrated into the MM via the Collaborative Platform, which allows the visualisation and querying of 3D models, and the automatic generation of specific reports related to activated and/or requested functionalities, such as energy consumption, seismic behaviour, space usage, etc.
Finally, IoT sensor systems provide real-time data, updating the Digital Twin and feeding predictive analytics algorithms to improve operational efficiency and support decision-making.
The recent customised prototypes of the MM, particularly the DT4SEM, provide a significant example of the integrated use of these technologies. Considered together, these technologies serve as common denominators for addressing current global challenges, including sustainability, digitalisation, energy efficiency, emission reduction, and decarbonisation (Errandonea *et al*., 2020; Baghalzadeh Shishehgarkhaneh *et al*., 2022; Yin *et al*., 2023).

Technology Transfer Actions in Digital Transition Contexts: Applied Experiences
BIGsrl has built its operations from the outset on a systemic approach that combines inductive methods with so-called curiosity-driven approaches. These have been crucial in exploring unconventional solutions that open up untapped technological possibilities. This approach has also been applied to the experiments described below, which have enabled the current upgrades in the functionalities of the Management Model (MM). Each experiment, particularly in integrating digital survey processes via point clouds (Scan to BIM) (Banfi *et al*., 2022; Mirzaei *et al*., 2022), virtual and augmented reality technologies (Boton, 2018), and Imaging Methods, has facilitated the construction of an as-built digital model (BIM authoring or IFCopenBIM) (Nawrocka *et al*., 2023), combined with an innovative visual management and 3D navigation system. This system is customer-oriented and accessible through mobile devices by various operators/users. The system's scalability and replicability in other contexts and reference scales are currently being assessed, starting with a Beta version of the application provided by ACCA Software. Another added value common to each experience is the definition of specific protocols dedicated to the acquisition, exchange, and use of information, in accordance with the ISO 29481-1:2016 standard, which defines the processes and related information flows during the lifecycle of a building. This has ensured not only the structuring and availability of these protocols but also the coherence and effectiveness of these processes for managing informational capital, confirming their replicability.

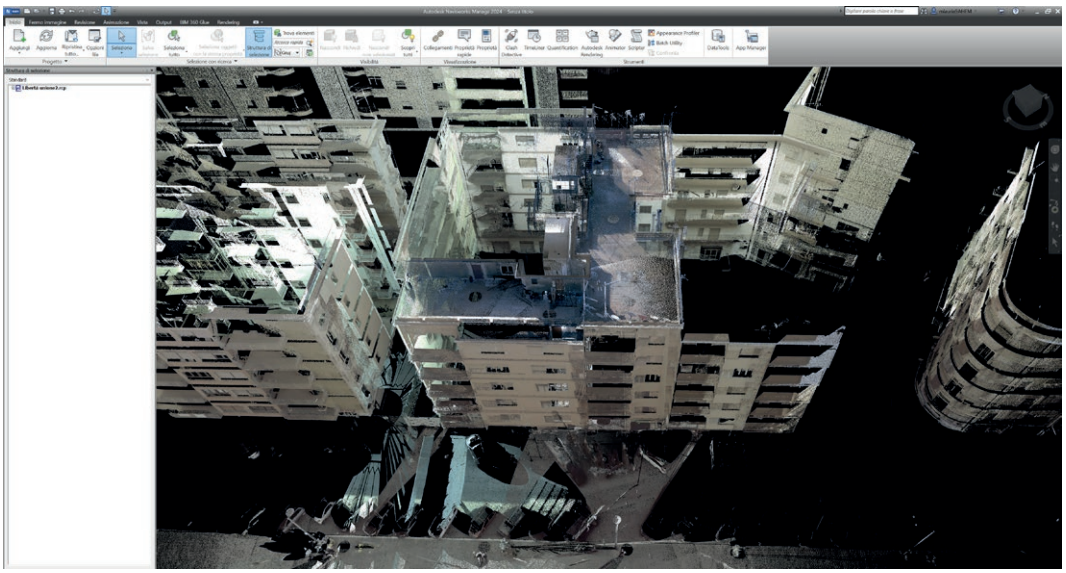
FonteMangiatorella Plant, Stilo, Reggio Calabria.
Applied Experience of IoT Integration, Virtual and Augmented Reality in Management and Maintenance Processes (PRESMA Project)
BIGsrl, as a technological partner, supported Mangiatorella S.p.A., a leader in the mineral water sector in Southern Italy, in launching a project to modernise the management of the Stilo (RC) plant. The primary goal

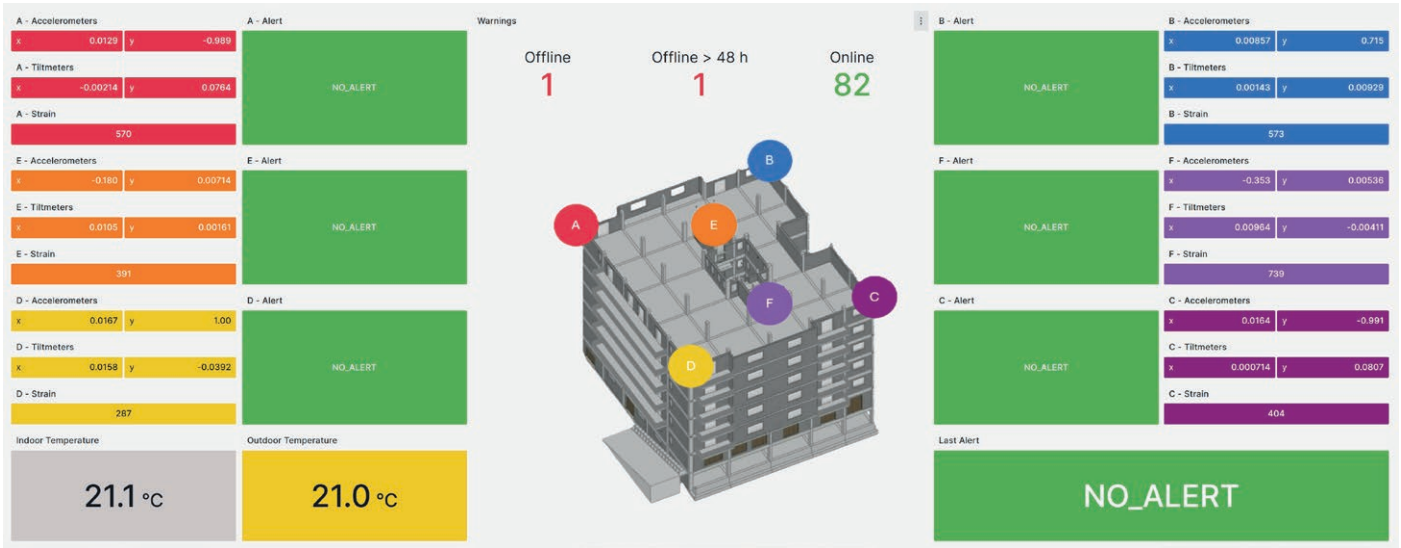
04| a. L'edificio campione in Via Ponte della Libertà, Reggio Calabria; b. La nuvola di punti per la realizzazione del modello BIM; c. La dashboard della piattaforma collaborativa per la visualizzazione *real time* di dati
a. The sample building on Via Ponte della Libertà, Reggio Calabria; b. The point cloud for the creation of the BIM model; c. The dashboard of the collaborative platform for real-time data visualisation

ParcoCafè Capua Investments S.r.l
Esperienza applicativa per la gestione di un cantiere e del piano vendite di un edificio residenziale in costruzione attraverso l'uso innovativo della realtà virtuale (VR).
L'esperienza di trasferimento tecnologico realizzata con ParcoCafè da Capua Investments S.r.l. ha avuto come obiettivo l'integrazione del MM con funzionalità avanzate connesse all'utilizzo della realtà virtuale (VR). Questa soluzione ha ottimizzato non solo la gestione delle fasi di cantierizzazione del progetto e di gestione successiva del cantere ma ha innovato l'interazione tra gli operatori di vendita, i potenziali acquirenti, tra questi e l'impresa, migliorando l'efficacia dei servizi offerti (Wang *et al.*, 2024; Rogage, *et al.*, 2024).

L'integrazione della VR ha permesso di creare postazioni dinamiche e interattive, rendendo possibile la visualizzazione virtuale degli immobili in vendita fin dalla fase di costruzione. Gli utenti hanno potuto esplorare in modo immersivo e interattivo il progetto, grazie a visualizzazioni 3D che offrivano una visione dettagliata sia degli spazi comuni che delle singole unità abitative.
Questo approccio innovativo ha significativamente migliorato il piano vendite, aumentando la consapevolezza degli spazi da parte degli utenti e ottimizzando l'esperienza di acquisto. Ha inoltre consentito una gestione più efficiente delle variazioni al capitolato richieste dai clienti, offrendo la possibilità di visualizzare in tempo reale le modifiche, riducendo il margine di errore nelle decisioni.

04 |





Il ruolo di BIG S.r.l. è stato determinante nel condurre questa sperimentazione, applicando soluzioni tecnologiche avanzate che hanno trasformato sia il processo realizzativo migliorando le operazioni di cantiere e incidendo positivamente su tempi e costi di realizzazione; che quello commerciale utilizzato da Capua Investments S.r.l, con impatti positivi su efficienza, soddisfazione dei clienti e competitività sul mercato.

Dagli outputs agli outcomes delle azioni di trasferimento tecnologico

Molte sono le sfide che uno *spin-off* affronta, tra le principali ci sono gli *output* immediati, come ricavi o investimenti, ma anche gli *outcome*, ossia i benefici a medio e lungo termine, culturali, sociali ed economici, che influenzano l'ecosistema territoriale in cui l'azienda opera. Secondo il *framework Know-what, Know-where, Know-why* di Frondizi (2020), questi *outcome* sono essenziali per misurare l'impatto del trasferimento tecnologico attraverso metriche specifiche (EU, 2020).

Nel caso di BIGsrl, pur non avendo ancora dati di monitoraggio degli indicatori oggettivi di efficienza operativa, competitività sul mercato e sostenibilità economica e sociale, è sufficientemente evidente l'impatto delle sue attività rispetto a ciascuno degli indicatori citati e i contribuiti alla diffusione di un ambiente di innovazione aperta. Con la messa a regime dell'ultimo servizio il SCCM nel 2024, di fatto si esaurisce il *Business Plan* della fase di *start-up* che vede raggiunti gli obiettivi e le tappe del relativo *time to-market*. I *feedback* raccolti durante le fasi di sperimentazione e i risultati raggiunti hanno confermato la validità dei modelli proposti e dimostrano come l'innovazione tecnologica, unita a una visione orientata al mercato e alle necessità delle aziende, possa portare a benefici significativi non solo per l'azienda, e gli attori coinvolti ma anche per la società nel suo complesso, in termini di sostenibilità, risparmio energetico e sicurezza.

In uno scenario, nel quale le sfide climatiche e la decarbonizzazione dei processi sono sempre più urgenti, l'adozione di tecnologie avanzate come il BIM, l'IoT, la realtà aumentata e quella virtuale, ha permesso di migliorare l'efficienza operativa e trasformare le pratiche di gestione del patrimonio costruito, ma anche di accelerare il percorso di sostenibilità per le imprese e gli enti che hanno collaborato con BIGsrl o acquistato e/o sperimentato i servizi erogati.

Sul piano sociale, le azioni di BIGsrl hanno stimolato lo sviluppo di competenze ad alta specializzazione con un impatto positivo sul mercato del lavoro creando opportunità occupazionali con l'assunzione di personale altamente qualificato, sia a tempo determinato che indeterminato.

Un ulteriore impatto rilevante riguarda il livello culturale locale e la formazione, grazie ai tirocini curriculari che gli studenti del 4° e 5° anno del Corso di Laurea in Architettura hanno svolto e possono svolgere presso la sede di BIGsrl (14 tirocini per la maggior parte di 200 ore tra il 2022 e 2024) che offrono loro un'importante opportunità di crescita e implementazione delle proprie competenze. I risultati, attualmente ottenuti da BIGsrl testimoniano l'efficacia dell'imprenditorialità accademica nel generare un circolo virtuoso che promuove innovazione e sviluppo economico locale. Un processo che contribuisce alla diffusione di una cultura scientifica e imprenditoriale che può fungere da modello replicabile, con benefici che continueranno a emergere nel medio e lungo periodo.

was to optimise operational efficiency and reduce maintenance costs. In this context, BIGsrl proposed and implemented a digital management system, integrating BIM models, IoT systems for real-time monitoring of environmental performance, and customised functionalities for predictive maintenance, operational and environmental condition monitoring, remote intervention management, and the experimentation of worker training modes (Fig. 03) (Lauria and Azzalin, 2023).

The system was implemented using mobile devices, augmented reality, and an interactive operational management system, the Visual Site Maintenance Management, thanks to a partnership with ACCA Software, which provided a custom Beta version during the experimental phase. The use of augmented reality, integration with mobile devices and wearables, combined with tags and localisation technologies, allowed for the experimentation of innovative worker training simulations for maintenance staff training and management of maintenance interventions remotely. BIGsrl played a central role in integrating and testing technologies in a real industrial context, applying its expertise in predictive maintenance, process management, and BIM modelling. The proposed system demonstrated clear benefits for the company, including significant improvements in operational efficiency, reduced downtime of plants, and optimised resource management. Additionally, the system proved to be dynamic, adaptable, scalable, and replicable, easily fitting into other industrial contexts, confirming its versatility.

DT4SEM, Residential Building, Ponte della Libertà, Reggio Calabria.
Applied Experience in Collaboration with Berna Engineering Srl, Sysdev Startup, and ACCA Software for Continuous Seismic Performance Monitoring

The experiment conducted with Berna Engineering Srl, Sysdev, and ACCA Software integrates, in a renovation project, the opportunity provided by the Sismabonus to optimise the structural safety and seismic performance of the building (Fig. 4) (Lauria and Azzalin, 2024).

The experiment results from the integration of technologies and expertise provided by the different partners involved, precisely BIM models, a sensor system for seismic strain detection, and the cloud platform usBIM. The synchronisation of the virtual building model with the physical structure, which started in October 2024, allows for constant monitoring and real-time updates of the digital model. A particularly innovative aspect of the system is the Big Data analysis, which helps identify and predict anomalies in seismic behaviour, enabling timely decisions. Furthermore, in the event of seismic events, the system facilitates post-event evaluations, optimising emergency operations and contributing to a more efficient management of resources, intervention times, and post-earthquake habitability checks. BIGsrl's contribution was also critical in this case, coordinating the integration of different technologies, making sensors not just elements of the monitoring system, but integral parts of the BIM model, directly intervening on the scripts and associated modelling attributes. The experiment allowed BIGsrl to reach a technological maturity level

Conclusioni

Come team di ricercatori l'esperienza della costituzione di BIG srl ha rappresentato una sfida e un importante banco di prova. Integrare metodologie scientifiche con la pratica aziendale è stato complesso, sia nella fase iniziale di analisi dell'idea imprenditoriale che durante la costituzione dell'impresa e il suo ingresso nel mercato. Questo processo ha rappresentato tuttavia anche un'occasione di crescita, sviluppando una nuova modalità di approccio alla ricerca, capace di valutare con una sensibilità e attenzione diversa *input* e *output*, impatti e *outcome*. Un diverso approccio che ha trovato applicazione nella partecipazione a bandi di ricerca europei, dove la comprensione delle dinamiche aziendali e del mercato e le relazioni con il mondo delle imprese è sempre più strategico e determinante.

Altrettanto importante ai fin della crescita aziendale il dialogo e il confronto con *stakeholders*, con attori locali, imprese e comunità.

Oggi, BIGsrl, guardando al futuro, sta consolidando la propria posizione nel mercato, con l'obiettivo di diversificare ulteriormente la propria offerta. La continua ricerca di investitori e nuove collaborazioni con grandi aziende, così come la partecipazione a progetti di ricerca internazionali, ne sottolineano lo spirito di espansione e innovazione. In attesa di definire un nuovo *business plan*, il precedente, costruito per Smart&Start Italia (2021) e stato pienamente realizzato, BIGsrl si prepara a integrare nuove funzionalità al MM che permettano di affrontare con maggiore efficacia le sfide legate alla decarbonizzazione e alla transizione energetica, settori nei quali le proiezioni di crescita sono particolarmente promettenti.

La storia di BIGsrl, ad oggi, ha dimostrato come il trasferimento tecnologico possa essere una leva fondamentale. Le tecnologie avanzate integrate nelle sperimentazioni condotte e messe a regime attraverso i servizi erogati, non solo hanno migliorato la gestione e la manutenzione degli edifici, ma hanno anche aperto la strada a un modello replicabile e scalabile che contribuirà a ridurre l'impatto ambientale e ad accelerare la transizione digitale ed ecologica del patrimonio costruito.

Il continuo impegno nell'innovazione, combinato con un approccio scientifico e pragmatico, pone BIGsrl in una posizione privilegiata per fronteggiare le sfide future in un settore sempre più orientato verso la sostenibilità e la digitalizzazione (Sepasgozar *et al*., 2023).

RINGRAZIAMENTI E RICONOSCIMENTI

Per l'implementazione, prototipazione, brevettazione, sperimentazione e messa in commercio dei propri servizi il gruppo di ricerca ha ottenuto tre distinti finanziamenti:

2016 *BimCo*, Legacoop e Regione Calabria Coopstartup Calabria Ricomincio da T(r)E". Finanziamento di € 15.000,00).

2018-2021 *BIG, Building Innovative Governance*, POR Calabria FESR 2014/2020 Azione 1.4.1 Sostegno alla creazione di Microimprese Innovative Startup e Spinoff della Ricerca (DDG approvazione n. 8169 del 08.07.2019 CUP J31b1900033000J). Responsabile Scientifico prof. M. Lauria; Ruolo dell'autore Coordinatore operativo. Finanziamento ammesso: circa € 125.000.

2019-2022 PRESMA Infinity BIM PRogettazione, ESecuzione e MAnutenzione del modello digitale delle costruzioni per il *digital twin* della fabbrica Infinita Bando PON «Imprese e competitività». FESR, Fondo per la crescita sostenibile, Decreto di N. 0002411 MISE, Responsabile scientifico per l'UO di Reggio Calabria: Massimo Lauria Ruolo dell'autore Coordinatore operativo.

of TRL9 for the specific DT4SEM prototype, establishing a replicable model and opening new perspectives in the design, renovation, management, and seismic monitoring of building structures (Kulinan *et al*., 2023).

The experiment is now a best practice that can be applied to different building contexts, consolidating a highly technological and innovative approach to monitoring the seismic performance of private residential buildings, with a significant impact on both safety and the economy of the sector and for the owners.

ParcoCafè Capua Investments S.r.l. Applied Experience for Construction Site and Sales Plan Management of a Residential Building Using Virtual Reality (VR)

The technology transfer experience carried out with ParcoCafè by Capua Investments S.r.l. aimed at integrating the MM with advanced functionalities related to the use of virtual reality (VR). This solution optimised not only the management of the project's construction phases and subsequent construction site management but also innovated the interaction between sales operators, potential buyers, and the company, improving the effectiveness of the services offered (Wang *et al*., 2024; Rogage *et al*., 2024).

The integration of VR allowed for the creation of dynamic and interactive stations, making it possible to virtually visualise properties for sale even during the construction phase. Users could explore projects immersively and interactively, thanks to 3D visualisations offering detailed views of both common areas and individual residential units.

This innovative approach significantly improved the sales plan, increasing users' awareness of the spaces and optimising the buying experience. It also allowed for more efficient management of client-requested variations to the specifications, offering real-time visualisations of changes and reducing decision-making errors.

BIGsrl played a decisive role in leading this experiment, applying advanced technological solutions that transformed both the construction process, improving construction operations and positively impacting project timelines and costs, as well as the commercial process used by Capua Investments S.r.l., with positive impacts on efficiency, customer satisfaction, and market competitiveness.

From Outputs to Outcomes of Technology Transfer Actions

An array of challenges are faced by a spin-off, with key aspects being the immediate outputs, such as revenues or investments, as well as the outcomes – medium- and long-term benefits, including cultural, social, and economic factors – that influence the territorial ecosystem in which the company operates. According to the Know-what, Know-where, Know-why framework by Frondizi (2020), these outcomes are essential for measuring the impact of technology transfer through specific metrics (EU, 2020).

In the case of BIGsrl, despite the lack of monitoring data on objective indicators of operational efficiency, market competitiveness, and economic and social sustainability, the impact of its activities is sufficiently evident in relation to each of the mentioned indicators and its contributions to the dissemination of an open innovation environment. With the full deployment of the latest service, the SCCM, in

2021-2024 *Maintenance Management Model*, Programma di agevolazioni Smart&Start Italia, Invitalia spa, DM 24 settembre 2014 e ss.mm.ii. (CUP C31B21012560008/COR 7033269) Responsabile Scientifico prof. M. Lauria; Ruolo dell'autore Coordinatore operativo. Finanziamento ammesso: circa € 180.000,00.

2022-2024 *Approcci Digital Twin per la governance innovativa del* costruito, PON "Ricerca e Innovazione" D.M. 1062/2021(CUP C35F21001280009). Responsabile Scientifico prof. M. Lauria; Ruolo dell'autore Ricercatore RTDA.

Riconoscimenti

2016 "Startcup Calabria 2016" Premio sezione speciale premio speciale per l'innovatività dell'idea di gestione del patrimonio immobiliare e dei servizi di rete nella categoria "settore City" e l'accesso diretto alla finale nazionale di Startup Europe Awards 2016, premio promosso dalla Commissione Europea.

2019 "Premio Innovazione" della Camera di Commercio di Reggio Calabria: Primo Premio per l'innovatività della tipologia di servizi proposti per la gestione integrata del patrimonio costruito e per l'organizzazione d'impresa (premio in denaro di tremila euro).

2021 "Premio Innovazione" della Camera di Commercio di Reggio Calabria: Primo Premio per l'innovatività nello sviluppo, sperimentazione e commercializzazione dei Servizi di Gestione Documentale (SGD) e di Digitalizzazione (SD) (premio in denaro di settemila euro).

2021 "SuperScienceMe – Research is your Re-Generation" Premio creatività nell'ambito delle iniziative della Notte della Ricerca di Università della Calabria, Università di Catanzaro, Università di Reggio Calabria, Università degli Studi della Basilicata, CNR, Regione Calabria e Regione Basilicata.

2023 "Premio Innovazione" della Camera di Commercio di Reggio Calabria: Primo Premio per l'innovatività dei servizi in chiave I4.0 e green (premio in denaro di quattromila euro).

NOTE

[1] Massimo Lauria, Arch. Prof. Ordinario, Presidente e Responsabile Scientifico.
Daniela Streva, Responsabile servizi economico-finanziari.
Maria Azzalin, Arch. RTDB, Responsabile Sezione Ricerca e Sviluppo.
Tommaso Melchini, Arch. PhD Responsabile Servizi Integrati Innovativi.
Domenico Bono, Arch. PhD, Esperto BIM.
Giovanni Malara, Arch. PhD Esperto BIM.

[2] L'idea imprenditoriale risale al 2016, quando il gruppo di ricercatori, partendo dai risultati di una tesi di Dottorato incentrata sul *Building Information Modeling* (BIM), avvia un processo di ridefinizione e sviluppo dell'idea originale che porta, prima, alla creazione di BimCo (2016), una società cooperativa e *start-up* innovativa, e, successivamente alla costituzione dello *Spin-off* nel 2018.

[3] Approcci *Digital Twin* per il progetto dell'ambiente costruito (ICAR/12–CFU 6 – IV e V anno) Corso di Laurea Magistrale in Architettura Quinquennale Classe LM-4.

[4] Progetto Pcto "La città metropolitana di Reggio Calabria in un *click*. Percorsi digitali per la conoscenza e la valorizzazione del patrimonio", Azioni di orientamento e formazione per A.S. 2022/2023 (Classi terze, quarte, quinte)", Dipartimento dArTe, Università degli Studi Mediterranea di Reggio Calabria e Liceo Scientifico "Leonardo da Vinci.

REFERENCES

Baghalzadeh Shishehgarkhaneh, M., Keivani, K., Moehler, R.C., Jelodari, N. and Roshdi Laleh, S. (2022), "Internet of Things (IoT), building information modeling (BIM), and digital twin (DT) in construction industry: A Review, Bibliometric, and Network Analysis", *Buildings*, Vol.12, issue 10, article 1503. Available at: https://doi.org/10.3390/buildings12101503 (Accessed on 07/02/2025).

Banfi, F., Brumana, R., Salvalai, G. and Previtali, M. (2022), "Digital twin and cloud BIM-XR platform development: From scan-to-BIM-to-DT pro-

2024, the business plan for the start-up phase is effectively completed, achieving the objectives and milestones of the corresponding time-to-market. Feedback collected during the experimentation phases and the results obtained have confirmed the validity of the proposed models, demonstrating how technological innovation, combined with a market-oriented vision and the needs of companies, can lead to significant benefits not only for the company and the involved stakeholders but also for society at large, in terms of sustainability, energy savings, and safety.
In a scenario where climate challenges and the decarbonisation of processes are becoming increasingly urgent, the adoption of advanced technologies such as BIM, IoT, augmented reality, and virtual reality has enabled improvements in operational efficiency and the transformation of built asset management practices. It has also accelerated the sustainability journey for the companies and organisations that have collaborated with BIGsrl or purchased and/or experimented with the services provided.
On a social level, BIGsrl's actions have stimulated the development of highly specialised skills, with a positive impact on the labour market, creating job opportunities with the hiring of highly qualified staff, both on a fixed-term and permanent basis.
Another significant impact is related to the local cultural and educational level, thanks to curricular internships offered to 4th and 5th year students from the Architecture degree programme, who interned at BIGsrl (14 internships, mostly 200 hours between 2022 and 2024). This provided them with an important opportunity for growth and skill enhancement. The results achieved by BIGsrl to date testify to the effectiveness of academic entrepreneurship in generating a virtuous circle that promotes innovation and local economic development. This process contributes to the spread of a scientific and entrepreneurial culture that can serve as a replicable model, with benefits that will continue to emerge over the medium and long term.

Conclusions
As a research team, the establishment of BIGsrl represented both a challenge and a critical testing ground. Integrating scientific methodologies with business practice was complex, both in the initial phase of analysing the entrepreneurial idea and during the establishment of the company and its market entry. However, this process also served as an opportunity for growth, developing a new approach to research capable of evaluating inputs and outputs, impacts and outcomes, with greater sensitivity and attention. This alternative approach has been applied in participation in European research calls, where understanding business dynamics, the market, and relationships with the business world is increasingly strategic and decisive.
Equally important for business growth is dialogue and engagement with stakeholders, local actors, businesses, and communities. Today, BIGsrl, looking to the future, is consolidating its position in the market with the goal of further diversifying its offerings. The continuous search for investors and new collaborations with large companies, as well as participation in international research projects, highlights its spirit of expansion and innovation. While awaiting the definition of a new

cess to a 4D multi-user live app to improve building comfort, efficiency and costs", *Energies*, Vol. 15, issue 12, article 4497. Available at: https://doi.org/10.3390/en15124497 (Accessed on 12/02/2025).

Boton, C. (2018), "Supporting constructability analysis meetings with Immersive Virtual Reality-based collaborative BIM 4D simulation". *Automation in Construction*, Vol. 96, pp. 1–15. Available at: https://doi.org/10.1016/j.autcon.2018.08.020 (Accessed on 12/02/2025).

Errandonea, I., Beltrán, S. and Arrizabalaga, S. (2020), "Digital Twin for maintenance: A literature review", *Computers in Industry*, Vol. 123, article 103316. Available at: https://doi.org/10.1016/j.compind.2020.103316123 (Accessed on 07/02/2025).

European Commission (2020a), *Stepping up Europe's 2030 climate ambition. Investing in a climate-neutral future for the benefit of our people*, Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. Document 52020DC0562, COM/2020/562 final. Available at: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:52020DC0562 (Accessed on 07/02/2025).

European Commission (2021a), *Fit for 55'. Delivering the EU's 2030 climate target on the way to climate neutrality*, Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. Document 52021DC0550, COM/2021/550 final. Available at: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:52021DC0550 (Accessed on 07/02/2025).

European Commission (2021b), *Towards a green, digital and resilient economy: our European Growth Model*, Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. Document 52022DC0083, COM/2022/83 final. Available at: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:52022DC0083 (Accessed on 07/02/2025).

EU-European Union (2020), *Knowledge Transfer Metrics. Towards a European–wide set of harmonised indicators.* Available at: https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC120716 (Accessed on 07/02/2025).

Foray, D. (2006), *The Economics of Knowledge*, The MIT Press, Cambridge, Massachusetts. Edizione italiana a cura di Saraceno, F. (2006), *L'economia della conoscenza*, Il Mulino, Milano.

Frondizi, R. (2020), *La Terza Missione delle Università. Strategia, Valutazione e Performance*, Giappichelli Editore, Torino.

Kulinan, A.S., Park, M. Aung, P.P.W., Cha, G. and Park, S. (2024), "Advancing construction site workforce safety monitoring through BIM and computer vision integration", *Automation in Construction*, Vol. 158, article 105227 Available at: https://doi.org/10.1016/j.autcon.2023.105227. (Accessed on 17/02/2025).

Lauria, M. and Azzalin, M. (2020), "A Maintenance Management Model. Upgrading and Experimentation", in Serrat C., Ramon Casas J. and Gibert V., *Current Topics and Trends on Durability of Building Materials and Components, DBMC 2020 (Eds),* pp. 677-684, Available at: https://www.scipedia.com/public/Lauria_Azzalin_2020a. (Accessed on 12/02/2025).

Lauria, M. and Azzalin, M. (2022), "Digital twin approach for Maintenance Management", in Arbizzani, E. *et al.* (Eds), *Technological Imagination in the Green and Digital Transition. CONF.ITECH 2022*, The Urban Book Series, Springer, Cham. Available at: https://doi.org/10.1007/978-3-031-29515-7_22 (Accessed on 12/02/2025).

Lauria, M., Azzalin, M. (2023) "Intelligent construction via Digital Twin approach" in: XVI International Conference on Durability of Building Materials and Components, DBMC 2023, China, K.F. Li and D.P. Fang (Eds) Available at: https://www.scipedia.com/wd/images/2/2e/Draft_Sanchez_Pinedo_19064154985.pdf (Accessed on 12/02/2025).

Lauria, M. and Azzalin, M. (2024), "Digital Transformation in the Construction Sector: A Digital Twin for Seismic Safety in the Life Cycle of Buildings", *Sustainability*, Vol. 16, issue 18, article 8245 Available at: https://doi.org/10.3390/su16188245 (Accessed on 12/02/2025).

business plan, the previous one, built for Smart&Start Italia (2021), has been fully implemented, and BIGsrl is preparing to integrate new functionalities into the MM to more effectively address the challenges related to decarbonisation and the energy transition, sectors in which growth projections are particularly promising.

The story of BIGsrl to date has demonstrated how technology transfer can be a key lever. The advanced technologies integrated into the experiments conducted and implemented through the services provided have not only improved building management and maintenance but have also paved the way for a replicable and scalable model that will help reduce environmental impact and accelerate the digital and ecological transition of the built environment. BIGsrl's ongoing commitment to innovation, combined with a scientific and pragmatic approach, places it in a privileged position to face future challenges in a sector increasingly oriented toward sustainability and digitalisation (Sepasgozar *et al.*, 2023).

ACKNOWLEDGEMENTS

For the implementation, prototyping, patenting, experimentation, and commercialisation of its services, the research group has obtained three distinct funding grants:

2016: BimCo, Legacoop, and Region of Calabria Coopstartup Calabria "Ricomincio da T(r)E." Funding of €15,000.00.

2018-2021: BIG, Building Innovative Governance, POR Calabria FESR 2014/2020 Action 1.4.1 Support for the Creation of Innovative Micro-enterprises, Startups, and Research Spin-offs (DDG approval no. 8169 of 08.07.2019, CUP J31b1900033000J). Scientific Director: Prof. M. Lauria; Role of the Author: Operational Coordinator. Approved funding: approximately €125,000.

2019-2022: PRESMA Infinity BIM (Digital Twin for the Factory's Design, Execution, and Maintenance). PON "Enterprises and Competitiveness" FESR, Sustainable Growth Fund, Ministry of Economic Development (MISE) Decree no. 0002411. Scientific Director for the Reggio Calabria Unit: Prof. Massimo Lauria. Role of the Author: Operational Coordinator.

2021-2024: Maintenance Management Model, Smart&Start Italia Programme, Invitalia S.p.A., Ministerial Decree of September 24, 2014 and subsequent amendments (CUP C31B21012560008/COR 7033269). Scientific Director: Prof. M. Lauria; Role of the Author: Operational Coordinator. Approved funding: approximately €180,000.00.

2022-2024: Digital Twin Approaches for Innovative Built Environment Governance, PON "Research and Innovation" D.M. 1062/2021 (CUP C35F21001280009). Scientific Director: Prof. M. Lauria; Role of the Author: RTDA Researcher.

Recognitions

2016 "Startcup Calabria 2016" Special Prize for the innovation of the real estate management idea and network services in the "City Sector" category, granting direct access to the Startup Europe Awards 2016 national final, an award promoted by the European Commission.

2019 "Innovation Award" from the Chamber of Commerce of Reggio Calabria: First Prize for the innovation of the proposed services for integrated management of the built heritage and

Mirzaei, K., Arashpour, M., Asadi, E., Masoumi, H., Bai, Y. and Behnood, A. (2022), "3D point cloud data processing with machine learning for construction and infrastructure applications: A comprehensive review", *Advanced Engineering Informatics*, vol. 51, article 101501. Available at: https://doi.org/10.1016/j.aei.2021.101501 (Accessed on 17/02/2025).

Mishra, M., Lourenço, B.P. and Ramana, G.V. (2022), "Structural health monitoring of civil engineering structures by using the internet of things: A review", Journal of Building Engineering, vol. 48, article 103954. Available at: https://doi.org/10.1016/j.jobe.2021.103954 (Accessed on 07/02/2025).

Nawrocka, N., Machova, M., Jensen, R.L., Kanafani, K., Birgisdottir, H. and Hoxha, E. (2023), "Influence of BIM's level of detail on the environmental impact of buildings: Danish context", *Building and Environment*, vol. 245, article 110875. Available at: https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2023.110875. (Accessed on 17/02/2025).

Netval (2024), *19° Rapporto Netval, Network per la Valorizzazione della Ricerca*, La Tribuna Srl, Piacenza. Available at: https://netval.it/rapporti-netval/rapporto-netval-2024/. (Accessed on 07/02/2025).

ONU (2015), *Transforming our word. The 2030 Agenda for Sustainable Development*, Resolution adopted by the General Assembly on 25,09.2015. Available at: https://www.refworld.org/legal/resolution/unga/2015/en/111816. (Accessed on 07/02/2025).

Pérez, Y., Ávila, J. and Sánchez, O. (2024), "Influence of BIM and Lean on mitigating delay factors in building projects", *Results in Engineering*, vol. 22, article 102236. Available at: https://doi.org/10.1016/j.rineng.2024.102236. (Accessed on 17/02/2025).

Rogage, K. and Doukari, O. (2024), "3D object recognition using deep learning for automatically generating semantic BIM data", *Automation in Construction*, vol. 162, article 105366. Available at: https://doi.org/10.1016/j.autcon.2024.105366. (Accessed on 12/02/2025).

Sepasgozar, S. M., Khan, A. A., Smith, K., Romero, J. G., Shen, X., Shirowzhan, S., Li, H., and Tahmasebinia, F. (2023), "BIM and Digital Twin for Developing Convergence Technologies as Future of Digital Construction" *Buildings*, vol. 13, issue 2, article 441. Available at: https://doi.org/10.3390/buildings13020441. (Accessed on 12/02/2025).

Wang, A., Dong, J., Lee, L.H., Shen, J. and Hui, P. (2024), "A Survey on Deep Learning for Design and Generation of Virtual Architecture", ACM Computing Surveys, vol. 57, issue 2, article 29, pp. 1-41. Available at: https://doi.org/10.1145/3688569. (Accessed on 17/02/2025).

Westergren, U.H., Mähler, V. and Jadaan, T. (2024), "Enabling Digital Transformation: Organizational Implementation of the Internet of Things", *Information & Management*, vol. 61, issue 6, article 103996. Available at: https://doi.org/10.1016/j.im.2024.103996. (Accessed on 12/02/2025).

Xu, J., Shu, X., Qiao, P., Li, S. and Xu, J. (2023), "Developing a digital twin model for monitoring building structural health by combining a building information model and a real-scene 3D model" *Measurement*, vol. 217, article 112955. Available at: https://doi.org/10.1016/j.measurement.2023.112955 (Accessed on 07/02/2025).

Yin, Y., Zheng, P., Li, C. and Wang, L. (2023), "A state-of-the-art survey on Augmented Reality-assisted Digital Twin for futuristic human-centric industry transformation", *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, vol. 81, issue C, article 102515. Available at: https://doi.org/10.1016/j.rcim.2022.102515 (Accessed on 07/02/2025).

business organisation (cash prize of three thousand euros).
2021 "Innovation Award" from the Chamber of Commerce of Reggio Calabria: First Prize for the innovation in the development, testing, and commercialisation of Document Management Services (DMS) and Digitalisation (SD) Services (cash prize of seven thousand euros).
2021 "SuperScienceMe – Research is your Re-Generation" Creativity Award within the initiatives of the Research Night organised by the University of Calabria, University of Catanzaro, University of Reggio Calabria, University of Basilicata, CNR, Calabria Region, and Basilicata Region.
2023 "Innovation Award" from the Chamber of Commerce of Reggio Calabria: First Prize for the innovation of services in the context of I4.0 and green technologies (cash prize of four thousand euros).

NOTES

[1] Massimo Lauria, Arch. Arch. Full Professor, President and Scientific Director.
Daniela Streva, Head of Economic and Financial Services.
Maria Azzalin, Arch. RTDB, Head of Research and Development Services.
Tommaso Melchini, Arch. PhD Head of Innovative Integrated Services.
Domenico Bono, Arch. PhD, BIM Expert.
Giovanni Malara, Arch. PhD BIM Expert.

[2] The entrepreneurial idea dates back to 2016, when the research group, based on the results of a PhD thesis focused on Building Information Modelling (BIM), began a process of redefining and developing the original idea. This led to the creation of BimCo (2016), a cooperative society and innovative start-up, and later to the establishment of the spin-off in 2018.

[3] Digital Twin Approaches for Built Environment Design, Prof. M. Azzalin (ICAR/12 – 6 ECTS – 4th and 5th year) Master's Degree in Architecture, Five-year Programme, Class LM-4.

[4] PCTO Project "The Metropolitan City of Reggio Calabria in a Click. Digital Pathways for the Knowledge and Enhancement of Heritage", Orientation and Training Actions for the School Year 2022/2023 (3rd, 4th, 5th Grades), Department of Architecture and Territorial Planning, University of Mediterranean Studies of Reggio Calabria and "Leonardo da Vinci" Scientific High School.

Public engagement per lo sviluppo locale: progetti per la biodiversità e la tutela dell'ambiente

Lorenzo Savio[1], https://orcid.org/0000-0001-7139-9256 lorenzo.savio@polito.it
Elena Montacchini[1], https://orcid.org/0000-0003-2394-9553 elena.montacchini@polito.it
Silvia Tedesco[1], https://orcid.org/0000-0001-7455-3220 silvia.tedesco@polito.it
Paola Gullino[2], https://orcid.org/0000-0002-1770-4114 paola.gullino@unito.it
[1] Dipartimento di Architettura e Design, Politecnico di Torino, Italia
[2] Dipartimento di Scienze Agrarie, Forestali e Alimentari, Università degli Studi di Torino, Italia

Abstract. L'articolo illustra attività di *public engagement* svolta dal gruppo interdisciplinare composto dal Dipartimento di Architettura e Design del Politecnico di Torino insieme al gruppo "Ecologia urbana e aree verdi" del Dipartimento di Scienze Agrarie, Forestali e Alimentari dell'Università degli Studi di Torino nell'ambito del servizio di supporto scientifico alla Fondazione Cassa di Risparmio di Cuneo nella programmazione strategica sui temi della tutela della biodiversità e del contrasto e adattamento ai cambiamenti climatici. Vengono presentate la metodologia adottata, le attività di accompagnamento nonché i risultati raggiunti in termini di realizzazione di interventi (bandi "Percorsi di Sostenibilità" 2023 e 2024) monitorati attraverso indicatori ambientali e sociali.

Parole chiave: *Public engagement*; Sviluppo locale; Biodiversità; Indicatori ambientali e sociali.

Introduzione

Il termine biodiversità è stato dibattuto in ambiente strettamente tecnico scientifico e solo successivamente ha trovato riscontro nell'interesse pubblico e nelle politiche internazionali.
Nel 1987 l'*Office of Technology Assessment* del congresso Americano scrisse un report a servizio del Senato, nel quale la biodiversità era intesa come «la varietà e la variabilità degli organismi viventi e i complessi ecologici in cui essi vivono» (OAT, 1987). Come analizzato da Padoa-Schioppa *et al.,* in queste parole sono compresi tre livelli differenti: la varietà di specie, la varietà genetica e quella di ecosistemi. Ognuno di questi livelli si presenta di fondamentale importanza ed il mantenimento di queste varietà è una sfida per la comunità scientifica (Padoa-Schioppa *et al.,* 2021).
La crisi della biodiversità e la perdita di specie, sia vegetali, sia animali, rappresentano i principali problemi ambientali odierni per l'Antropocene (Johnson *et al.,* 2017).
Con l'approvazione nel 2015 dell'Agenda delle Nazioni Unite 2030, la biodiversità rappresenta infatti uno dei diciassette Obiettivi per lo Sviluppo Sostenibile (Obiettivo 15): «Proteggere, ripristinare e promuovere l'uso sostenibile degli ecosistemi terrestri, gestire in modo sostenibile le foreste, contrastare la desertificazione, arrestare e invertire il degrado dei suoli e fermare la perdita di biodiversità». A livello europeo la tutela del suolo, della biodiversità, del patrimonio ambientale, del paesaggio e il riconoscimento del valore del capitale naturale costituiscono i principali temi da studiare, quantificare, monitorare e migliorare entro il 2050 (Artmann *et al.,* 2017).
Questa sfida riguarda soprattutto le aree urbane ed extraurbane ma anche gli ambienti naturali con forte valenza ecologica e paesaggistica. Una delle risposte è impostare progetti *nature-based* (NBS, basati sulla natura in termini di materiali, funzioni e dinamiche) che necessitano di un approccio interdisciplinare (Larcher and Gullino, 2021) e che costituiscono una delle strategie per il contrasto e adattamento ai cambiamenti climatici.
Per l'implementazione di interventi virtuosi sul territorio, volti a promuovere la biodiversità e la tutela dell'ambiente, la collaborazione tra enti pubblici e privati e enti di ricerca risulta essere fondamentale, sia nelle fasi di progettazione, sia di gestione e monitoraggio, attraverso il coinvolgimento di discipline scien-

Public engagement for local development: projects for biodiversity and environmental protection

Abstract. The paper presents public engagement activities carried out by the interdisciplinary group comprising the Department of Architecture and Design of *Politecnico di Torino,* together with the group "Urban ecology and green areas" of the Department of Agricultural, Forestry and Food Sciences of the *Università degli Studi di Torino* as part of the scientific support service to the *Fondazione Cassa di Risparmio di Cuneo* in strategic planning on the issues of biodiversity protection and the fight against and adaptation to climate change. The paper illustrates the adopted methodology, the supporting activities, and the results achieved in terms of implementation of interventions (calls for proposals "*Percorsi di Sostenibilità*" 2023 and 2024) monitored through environmental and social indicators.

Parole chiave: Public engagement; Local development; Biodiversity; Environmental and social indicators.

Introduction

The term biodiversity has been debated for a long time in a strictly technical scientific environment, and only later has it been introduced in public interest and international policies.
In 1987, the Office of Technology Assessment of the American Congress wrote a report for the Senate in which biodiversity was considered «the variety and variability of living organisms and the ecological complexes in which they live» (OAT. 1987). As analysed by Padoa-Schioppa *et al.*, these words include three different levels, namely the variety of species, genetic variety and ecosystem variety. Each level is of the utmost importance, and maintaining these varieties is challenging for the scientific community (Padoa-Schioppa *et al.,* 2021).
The biodiversity crisis and the loss of plant and animal species are the main environmental problems today for the Anthropocene (Johnson *et al.,* 2017).
With the approval of the United Nations Agenda 2030 in 2015, biodiversity is one of the seventeen Sustainable Development Goals (Goal 15): «Protect, restore and promote sustainable use of terrestrial ecosystems, sustainably manage forests, combat desertification, halt and reverse land degradation and halt biodiversity loss». At the European level, the protection of soil, biodiversity, environmental heritage, landscape and the recognition of the value of natural capital are the main themes to be studied, quantified, monitored and improved by 2050 (Artmann *et al.,* 2017).
This challenge concerns, above all, urban and extra-urban areas and natural environments with substantial ecological and landscape value. One of the answers is to set up nature-based pro-

ISSN online: 2239-0243 | © 2025 Author(s) | http://www.fupress.com/techne | DOI: 10.36253/techne-17390
Open access, peer-reviewed article published by Firenze University Press (https://www.fupress.com) and distributed, except where otherwise noted, under the terms of the CC BY 4.0 License for content and CC0 1.0 Universal for metadata

tifiche differenti (Collier et. al. 2019; Gullino *et al.,* 2023).
Per valutare la biodiversità nel tempo considerando le sue valenze ambientali e sociali, la gestione "attiva" è considerata un obiettivo primario e una sfida scientifica (Bergamo *et al.,* 2023). In questa prospettiva, la gestione "attiva" può essere garantita attraverso la definizione e il monitoraggio di progetti volti ad aumentare la biodiversità e a proteggere l'ambiente. Assandri *et al.,* hanno esemplificato la potenziale importanza dell'integrazione sinergica di molteplici obiettivi di conservazione: conservazione della biodiversità, fornitura di servizi ecosistemici culturali e coinvolgimento del pubblico (Assandri *et al.,* 2018). Inoltre, diversi studi sottolineano l'importanza del coinvolgimento e della partecipazione delle popolazioni locali come strategia (Cooper *et al.,* 2019; Naeem *et al.,* 2016).
L'articolo illustra attività di public engagement svolta dal gruppo interdisciplinare composto dal Dipartimento di Architettura e Design del Politecnico di Torino insieme al gruppo «Ecologia urbana e aree verdi» del Dipartimento di Scienze Agrarie, Forestali e Alimentari dell'Università degli Studi di Torino nell'ambito del servizio di supporto scientifico alla Fondazione Cassa di Risparmio di Cuneo nella programmazione strategica sui temi della tutela della biodiversità e del contrasto e adattamento ai cambiamenti climatici. In particolare, viene presentata l'esperienza legata ai bandi "Percorsi di Sostenibilità" 2023 e 2024 promossi dalla Fondazione CRC, attraverso la metodologia adottata, le attività di accompagnamento nonché i risultati raggiunti in termini di realizzazione di interventi monitorati attraverso indicatori ambientali e sociali.
Nell'ambito dell'esperienza di consulenza illustrata, la cooperazione fra università, enti e comunità nei processi di progettazione e ri-progettazione dell'ambiente costruito e del territorio assume valenza strategica per la realizzazione di interventi di trasformazione in relazione alle emergenze legate ai cambiamenti climatici e alla tutela della biodiversità. In questo contesto il processo di accompagnamento diventa metodo e strumento per rispondere a bisogni collettivi, in cui la realtà accademica è chiamata a orientare processi di innovazione che valorizzano l'integrazione tra una pluralità di soggetti e attivano la riproducibilità delle azioni sul territorio.

Metodologia e sviluppo della ricerca

L'articolazione dell'attività, dall'impostazione preliminare alla realizzazione degli interventi, è stata strutturata in tre macrofasi.
La prima fase ha previsto la preparazione del bando, finalizzato alla diffusione di pratiche virtuose sul territorio cuneese, attraverso attività di concertazione con la Fondazione Cassa di Risparmio di Cuneo per la definizione dell'oggetto e della tipologia di progetti da ammettere a finanziamento; la valutazione tecnica delle richieste pervenute e la selezione dei progetti da finanziare (Comuni, associazioni, enti).
La seconda fase di accompagnamento ai beneficiari è stata dedicata in un primo momento all'assistenza tecnica per la redazione dei progetti definitivi, rielaborati in condivisione con i beneficiari stessi; in seguito l'accompagnamento, organizzato attraverso una serie di incontri, è stato finalizzato all'esecuzione del progetto, supportando i soggetti nel raggiungimento degli obiettivi prefissati.
Nell'ultima fase è stato effettuato un monitoraggio delle attività e degli interventi realizzati attraverso una valutazione di

jects (NBS, based on nature in terms of materials, functions and dynamics) that require an interdisciplinary approach (Larcher and Gullino, 2021) and constitute one of the strategies for contrasting and adapting to climate change.
For the implementation of virtuous interventions on the territory, aimed at promoting biodiversity and environmental protection, collaboration between public and private bodies and research institutions is essential, both in the design and management and monitoring phases, through the involvement of different scientific disciplines (Collier et. al. 2019; Gullino *et al.,* 2023). "Active" management is considered a primary goal and a scientific challenge for evaluating biodiversity over time according to environmental and social values (Bergamo *et al.,* 2023). In this perspective, "active" management can be ensured by defining and monitoring projects aimed at increasing biodiversity and protecting the environment. Assandri *et al.* exemplified the potential importance of the synergistic integration of multiple conservation targets – biodiversity conservation and the delivery of cultural ecosystem services, and public engagement (Assandri *et al.,* 2018). Moreover, several studies underline the importance of involving and engaging local people as a strategy (Cooper *et al.,* 2019; Naeem *et al.,* 2016).
The paper illustrates public engagement activities carried out by the interdisciplinary group comprising the Department of Architecture and Design of the Polytechnic of Turin together with the "Urban Ecology and Green Areas" group of the Department of Agricultural, Forestry and Food Sciences of the University of Turin as part of the scientific support service to the *Fondazione Cassa di Risparmio di Cuneo* in strategic planning on the issues of biodiversity protection and the fight against and adaptation to climate change. In particular, the experience related to the "*Percorsi di Sostenibilità*" 2023 and 2024 calls promoted by the CRC Foundation is presented, through the methodology adopted, the accompanying activities, as well as the results achieved in terms of implementation of interventions monitored through environmental and social indicators.
In the context of the illustrated consultancy experience, the cooperation between universities, institutions, and communities in the design and re-design of the built environment and the territory takes on strategic value in implementing transformation interventions for emergencies linked to climate change and biodiversity protection. In this context, the accompaniment process becomes a method and tool to respond to collective needs in which the academic scene is asked to guide innovation processes that enhance the integration between multiple subjects and activate the reproducibility of actions on the territory.

Methodology and research development

Articulation of the activity, from preliminary setting to implementation of the interventions, was structured in three macro-phases.
The first phase involved the preparation of the call for proposals, aimed at spreading virtuous practices in the Cuneo area through concerted activities with the *Fondazione Cassa di Risparmio di Cuneo* for the definition of the object and type of projects admitted to funding; the technical evaluation of

impatto sui singoli interventi e sull'insieme delle progettualità finanziate.

Biodiversità e riconnessione con l'ambiente naturale: il bando e i beneficiari

Il Dipartimento di Architettura e Design del Politecnico di Torino insieme al gruppo "Ecologia urbana e aree verdi" del Dipartimento di Scienze Agrarie, Forestali e Alimentari dell'Università degli Studi di Torino ha redatto la Misura 3 "Biodiversità e riconnessione con l'ambiente naturale" del Bando Percorsi di Sostenibilità della Fondazione Cassa di Risparmio di Cuneo, che si compone inoltre delle misure 1 "Acqua, Clima ed Energia" e 2 "Economia circolare e transizione ecologica".

Il Bando, nelle sue 3 misure, si pone l'obiettivo di promuovere azioni di contrasto e adattamento al cambiamento climatico e di miglioramento della sostenibilità ambientale degli enti del territorio cuneese, in cui opera la Fondazione CRC, allineandosi, nel complesso all'*European Green Deal*. Nel 2021 l'UE ha adottato la sua prima legge europea sul clima, che ha sancito l'obiettivo europeo di raggiungere la neutralità climatica entro il 2050, nonché un obiettivo di riduzione del 55% delle emissioni entro il 2030, rispetto ai livelli del 1990 (*Regulation EU 2021/1119 30 June 2021*). La biodiversità degli ecosistemi è minacciata dal cambiamento climatico e allo stesso tempo la sua salvaguardia è individuata nei regolamenti europei (*Regulation EU 2021/1119*, punto 23 delle considerazioni iniziali; art. 4 punto 5-j) e da molti contributi scientifici (si confronti ad esempio McLaughlin *et al.,* 2022, che riporta un'ampia *litterature review* in merito) come parte della complessa strategia per il contrasto e adattamento al cambiamento climatico.

La Misura 3 del Bando della CRC nello specifico è finalizzata a supportare azioni ed interventi per: incrementare la biodiversità e lo sviluppo di reti ecologiche sul territorio; gestire in modo sostenibile le aree verdi in ambiente urbano ed extraurbano; integrare *Nature Based Solutions* sull'ambiente costruito alle diverse scale e in ecosistemi naturali e artificiali; promuovere un miglioramento ambientale degli agroecosistemi e delle produzioni agricole; promuovere modelli di gestione sostenibile delle risorse ambientali; sensibilizzare i cittadini e le amministrazioni alla salvaguardia ambientale e alla tutela della biodiversità e della salute umana; avviare all'interno delle amministrazioni comunali e degli enti del terzo settore la creazione di competenze per la progettualità finalizzata alla tutela della biodiversità.

Per stimolare e suggerire possibili progettualità, come parte integrante del bando, il gruppo interdisciplinare ha previsto un allegato, contenente a titolo esemplificativo alcuni interventi ritenuti ammissibili, classificati sulla base degli obiettivi specifici sopra elencati.

In risposta all'obiettivo di incremento della biodiversità e di sviluppo di reti ecologiche sul territorio, l'allegato riporta azioni come il recupero dei prati e pascoli in ambito montano/rurale attraverso il contenimento delle specie esotiche invasive, la conservazione delle specie autoctone ed il decespugliamento selettivo oppure, in relazione alla gestione sostenibile di aree verdi in ambiente urbano ed extra urbano, sono compresi interventi di *depaving* su aree come parcheggi, cortili, spazi aperti, e di sostituzione di pavimentazioni impermeabili con soluzioni a prato, a prato armato, terra stabilizzata, ghiaia. O ancora, rispetto all'obiettivo di sensibilizzazione, sono incentivate atti-

the requests received, and the selection of projects to be financed (Municipalities, associations, bodies).

The second phase of support for the beneficiaries was initially dedicated to technical assistance in drafting the final projects, reworked in collaboration with the beneficiaries themselves; subsequently, the support, organised through a series of meetings, was aimed at project execution, supporting the subjects in achieving the defined objectives.

In the final phase, the research team monitored the activities and interventions through an impact assessment on individual interventions and financed projects.

Biodiversity and reconnection with the natural environment: the call and the beneficiaries

The Department of Architecture and Design of *Politecnico di Torino*, together with the group «Urban ecology and green areas» of the Department of Agricultural, Forestry and Food Sciences of the University of Turin has drawn up Measure 3 "Biodiversity and reconnection with the natural environment" of the Call for Proposals for Sustainability of the *Fondazione Cassa di Risparmio di Cuneo*, which also consists of measures 1 "Water, Climate and Energy" and 2 "Circular economy and ecological transition".

In its three measures, the Call aims to promote actions to combat and adapt to climate change, and to improve the environmental sustainability of entities in the Cuneo area, in which the CRC Foundation operates, aligning itself, overall, with the European Green Deal. In 2021, the EU adopted its first European Climate Law, which established the European objective of achieving climate neutrality by 2050 and a 55% reduction target in emissions by 2030, compared to 1990 levels (Regulation EU 2021/1119 30 June 2021). Ecosystem biodiversity is threatened by climate change and, at the same time, its protection is identified in European regulations (Regulation EU 2021/1119, point 23 of the initial considerations; art. 4, point 5-j) and in many scientific contributions (see, for example, McLaughlin *et al.,* 2022, which reports an extensive literature review on the matter) as part of the complex strategy for combatting and adapting to climate change.

Measure 3 of the Call aims to promote actions to combat and adapt to climate change and to improve the environmental sustainability of entities in the Cuneo area, in which the Fondazione CRC operates. It specifically aims to support actions and interventions studied to increase biodiversity and the development of ecological networks in the region; to sustainably manage green areas in urban and extra-urban environments; to integrate Nature Based Solutions into the built environment at different scales and in natural and artificial ecosystems; to promote environmental improvement of agroecosystems and agricultural production; to promote sustainable management models of ecological resources; to raise awareness among citizens and administrations of environmental protection and the protection of biodiversity and human health; to initiate the creation of skills within municipal administrations and third sector bodies for planning aimed at protecting biodiversity.

With the aim of stimulating and suggesting possible projects, as an integral part of the call, the interdisciplinary group has provided an attachment,

vità di coinvolgimento della comunità e di disseminazione ed educazione rivolte alle scuole.
I beneficiari del bando sono enti non profit di significativa rappresentatività territoriale, che si prefiggono finalità di utilità sociale e/o di promozione dello sviluppo socio-economico del territorio cuneese – come comuni, associazioni ambientaliste, enti operanti nel settore dell'educazione, diocesi – ma i destinatari su cui ricadono i benefici degli interventi sono costituiti da intere comunità locali e talvolta, sovra-locali.
Nel complesso sono stati presentati diciassette progetti, di cui dodici ammessi a finanziamento. Per valutare le proposte progettuali pervenute e stilare una graduatoria, il gruppo di ricerca ha preliminarmente definito dei criteri tecnici di valutazione e attribuito loro un punteggio.
Per valutare l'efficacia dell'intervento per la tutela e la biodiversità e riconnessione dell'ambiente naturale (totale 40 punti complessivi) sono stati definiti i seguenti parametri: l'ampiezza delle ricadute sul territorio e l'innovatività delle soluzioni adottate (20 punti); la dimostrazione del raggiungimento degli obiettivi attraverso indicatori quali-quantitativi nel confronto tra condizioni pre e post intervento (15 punti); il coinvolgimento nel progetto di soggetti e portatori di interesse pubblici e privati (5 punti).
Per valutare la qualità della proposta tecnica dell'intervento (totale 40 punti) sono stati definiti i seguenti parametri: la chiarezza degli obiettivi del progetto (20 punti); la completezza della documentazione presentata (20 punti).
Sono stati infine considerati come criteri di merito l'organizzazione di attività educative e sociali e la disseminazione rivolta alla comunità locale (10 punti) e la quota di cofinanziamento superiore a quella prevista da bando (10 punti).
Al fine di distribuire le risorse disponibili della Fondazione CRC sul più ampio numero di progetti, l'importo massimo di contributo erogato a ciascun beneficiario è stato di 25.000 euro, a cui si sono aggiunte risorse proprie dell'ente richiedente. Questo per consentire una capillarità di interventi, da realizzarsi nell'arco di un anno.

I progetti selezionati e il processo di accompagnamento
I beneficiari dei dodici progetti selezionati si suddividono in 4 piccoli Comuni della provincia di Cuneo, 5 associazioni locali, 1 cooperativa sociale, 1 ente di gestione regionale delle aree protette e 1 colonia agricola provinciale, la maggior parte dei quali supportati da altri partner pubblici e privati.
Il processo di accompagnamento è stato organizzato attraverso incontri in presenza e la predisposizione di uno spazio virtuale, costantemente aggiornato, per scambiarsi informazioni e raggiungere in tempo reale tutti i beneficiari.
Il primo incontro è stato dedicato allo sviluppo del progetto definitivo, sulla base delle ipotesi progettuali formulate sinteticamente nella domanda di finanziamento. Tale attività ha consentito di definire in modo puntuale gli interventi da sviluppare e le fasi operative di realizzazione, in condivisione con i beneficiari stessi.
Per il raggiungimento degli obiettivi del progetto, una serie di incontri successivi, con cadenza trimestrale, hanno consentito di seguire le fasi esecutive dei progetti, valutando congiuntamente le soluzioni tecnologiche e agronomiche appropriate rispetto ai contesti di riferimento, e di individuare gli indicatori più opportuni per il monitoraggio pre e post intervento.
Un cronoprogramma condiviso ha guidato l'intero processo;

containing, for example, some interventions considered admissible, classified based on the specific objectives listed above.
In response to the objective of increasing biodiversity and developing ecological networks in the territory, the annex reports actions such as the recovery of meadows and pastures in mountain/rural areas through the containment of invasive alien species, the conservation of native species and selective brush clearing or, the sustainable management of green areas in urban and extra-urban environments. Depaving interventions are included on areas such as car parks, courtyards, open spaces, and the replacement of waterproof pavements with lawn, reinforced lawn, stabilised earth and gravel. Or again, community involvement and dissemination and education activities aimed at schools are encouraged concerning the awareness-raising objective. The beneficiaries of the call are non-profit organisations with significant territorial representation, which set themselves the goals of social utility and/or promotion of the socio-economic development of the Cuneo area – such as municipalities, environmental associations, organisations operating in the education sector, dioceses. The recipients on whom the benefits of the interventions fall are made up of entire local and sometimes supra-local communities.
Seventeen projects were submitted, twelve of which were admitted for funding. The research group preliminarily defined technical evaluation criteria and assigned them a score to evaluate the project proposals received and draw up a ranking.
The research group defined the following parameters to evaluate the effectiveness of the intervention for protection, biodiversity and reconnection of the natural environment (total 40 points overall). The extent of the impact on the territory and the innovative solutions adopted (20 points); the demonstration of the achievement of objectives through qualitative and quantitative indicators in the comparison between pre- and post-intervention conditions (15 points); the involvement of public and private stakeholders and subjects in the project (5 points).
The research group defined the following parameters to evaluate the quality of the technical proposal of the intervention (total 40 points), namely the clarity of project objectives (20 points); the completeness of the documentation presented (20 points).
Finally, the organisation of educational and social activities and dissemination aimed at the local community (10 points), and the co-financing quota higher than that foreseen by the call for tenders (10 points) were considered as merit criteria.
To distribute the available resources of the CRC Foundation over the most significant number of projects, the maximum contribution paid to each beneficiary was 25,000 euros, to which the requesting body's own resources were added. This allowed widespread interventions to be carried out over a year.

The selected projects and the support process
The beneficiaries of the twelve selected projects are divided into 4 small municipalities in the province of Cuneo, 5 local associations, 1 social cooperative, 1 regional management body of protected areas, and 1 provincial ag-

disegni, foto, report, video sono stati la modalità di dialogo che ha consentito al gruppo interdisciplinare l'interazione sul campo con i beneficiari.
In generale, per incrementare la biodiversità e la rete ecologica gli interventi proposti riguardano progetti volti a favorire l'entomofauna come gli impollinatori, gli anfibi e l'avifauna come le cicogne e gli anatidi, contenere le specie esotiche invasive a favore di specie autoctone, promuovere il ripristino della componente boschiva e la protezione dei corridoi ecologici.
Per implementare le *Nature Based Solutions* sono stati elaborati progetti volti a realizzare nuove aree verdi ed orti didattici e mettere a dimora antiche varietà di alberi da frutta.
Per migliorare a livello ambientale gli agroecosistemi e le produzioni agricole sono stati definiti progetti volti a recuperare le torbiere come risorsa ambientale, salvaguardare gli ambienti agro silvo pastorali di alta montagna e proteggere le zone umide.
Per favorire modelli di gestione sostenibile delle risorse ambientali, sono stati sviluppati progetti volti a sperimentare sistemi innovativi di coltivazione in ambiente controllato e protetto e promuovere una nuova governance e gestione del pascolo in ambiente montano.

Gli indicatori di monitoraggio
Gli esiti degli interventi realizzati sono misurabili e monitorati attraverso indicatori quali-quantitativi nel confronto tra condizioni pre e post intervento e valutano gli impatti e le ricadute a scala locale, sia dal punto di vista ambientale sia sociale.
Gli indicatori che fanno riferimento a criteri di efficacia dell'intervento per la tutela della biodiversità e riconnessione con l'ambiente naturale fanno riferimento principalmente ad indicatori tecnologici, ecologici e paesaggistici di tipo quantitativo, a esempio:
- incremento della permeabilità del suolo, intesa come percentuale di superficie depavimentata e drenante rispetto alla superficie totale;
- numero di nuovi alberi piantumati, prevalentemente di importanza forestale, come alberi ad alto fusto per il ripristino boschivo oppure antiche cultivar di specie da frutto adatte alle caratteristiche pedoclimatiche per contrastare la perdita della biodiversità;
- superfici allestite ad orto didattico, comprese superfici a serra e spazi attrezzati con sistemi innovativi di coltivazione in ambiente controllato;
- superficie pascoliva ripristinata, valutate le coperture vegetali ed il rapporto tra le specie erbacee ed arbustive alloctone presenti con quelle autoctone pre e post intervento. Questo indicatore misura il degrado delle superfici pascolive sia in termini quantitativi, sia qualitativi.
- litri d'acqua risparmiati attraverso la realizzazione in ambiente silvo pastorale di nuove forme di micro captazioni per l'acqua dotate di galleggiante volte a razionalizzare la risorsa idrica e migliorare al tempo stesso le condizioni dei bovini al pascolo;
- Km di sentieri recuperati, grazie a interventi di ingegneria naturalistica;
- numero di impollinatori incrementati attraverso le postazioni di bee hotel e numero di anfibi presenti in aree umide pre e post intervento.

Per quanto riguarda i criteri relativi al coinvolgimento sociale e all'educazione gli indicatori fanno riferimento all'organizzazio-

ricultural colony, most of which are supported by other public and private partners.
The support process was organised through in-person meetings and the preparation of a virtual space, constantly updated, to exchange information and reach all beneficiaries in real time.
The first meeting was dedicated to the development of the final project, based on the project hypotheses formulated synthetically in the funding application. This activity made it possible to precisely define the interventions to be developed and the operational phases of implementation when sharing with the beneficiaries themselves.
To achieve the project objectives, a series of subsequent meetings, held every three months, allowed us to follow the project's executive phases, to jointly evaluate the appropriate technological and agronomic solutions concerning the reference contexts, and to identify the most relevant indicators for pre- and post-intervention monitoring.
A shared timetable guided the entire process. Drawings, photos, reports, and videos were the method of dialogue that allowed the interdisciplinary group to interact in the field with the beneficiaries.
In general, to increase biodiversity and the ecological network, the proposed interventions concern projects aimed at promoting entomofauna such as pollinators, amphibians and avifauna (i.e., storks and ducks), containing invasive alien species in favour of native species, facilitating the restoration of the forest component and protection of ecological corridors.
In order to implement the Nature Based Solutions, projects were developed to create new green areas and educational gardens, and to plant ancient fruit tree varieties.
To improve agroecosystems and agricultural production at an environmental level, projects have been defined to recover peat bogs as an environmental resource, safeguard high mountain agro-forestry-pastoral environments, and protect wetlands.
To promote sustainable management models of environmental resources, projects have been developed to test innovative cultivation systems in a controlled and protected environment, and to promote new governance and management of grazing in mountain environments.

Monitoring indicators
The outcomes of the interventions carried out are measurable and monitored through qualitative and quantitative indicators in the comparison between pre-intervention and post-intervention conditions. They evaluate the impacts and consequences at a local scale, both from an environmental and social point of view.
The indicators that refer to effectiveness criteria of the intervention for the protection of biodiversity and reconnection with the natural environment mainly refer to quantitative technological, ecological and landscape indicators, as specified below:
- increase in soil permeability, understood as the percentage of the de-paved and draining surface compared to the total surface;
- number of new trees planted, mainly of forestry importance, such as tall trees for forest restoration or ancient cultivars of fruit species suited to the soil and climate characteristics to counteract the loss of biodiversity;

01| Piantumazione di alberi e arbusti in area extra-urbana nel comune di Cavallermaggiore (CN). Fonte: https://www.pro-natura.it/lettore-news/punctures-project.html
Planting of trees and shrubs in extra-urban areas in the municipality of Cavallermaggiore (CN). Suorce: https://www.pro-natura.it/lettore-news/punctures-project.html

ne di eventi finalizzati alla sensibilizzazione e disseminazione alla comunità locale, al coinvolgimento di soggetti e portatori di interesse pubblici e privati e sono quantificati ad esempio in numero di visite guidate sul territorio, numerosità di ragazze e ragazzi in età scolare coinvolti, nuove sinergie e partnership attivate.
Alcuni progetti inoltre hanno avuto ricadute anche dal punto di vista economico, promuovendo l'occupazione e l'inserimento lavorativo, con attenzione particolare alle persone in difficoltà, nelle attività di gestione degli interventi.

Risultati

Nel complesso, grazie ai finanziamenti della Fondazione CRC e alle azioni collaborative e di scambio tra beneficiari del bando e accademia, dopo un anno di attività la provincia di Cuneo si trova con una serie di interventi con impatti e ricadute ambientali, sociali ed economiche su tutto il territorio:

- 6 recuperi ambientali tra cui un bosco e l'alveo di un torrente, alcuni sentieri, un'area urbana, un'area extra-urbana (Fig. 1), un sito di importanza comunitaria, un'area umida protetta (Fig. 2);
- 2 aree pascolive montane ripristinate;
- 1 castagneto da frutto e 2 frutteti storici riattivati;
- 1 nuova serra per la sperimentazione di tecniche di coltivazione innovative e sostenibili (Fig. 3);
- 12 piccoli interventi diffusi a valenza strategica e, non meno importante, una comunità più attenta e sensibile alla tutela del territorio.

L'esperienza presentata documenta alcuni esempi di una "costellazione" di interventi, piccoli ma diffusi, che rispondono a bisogni collettivi estesi, con ricadute ampie per i territori di appartenenza, spesso legate anche alla sensibilizzazione e all'educazione delle comunità. Si tratta di esempi virtuosi replicabili al di là del territorio di riferimento, che contribuiscono al dibattito su nuove modalità di interazione tra università e attori differenti nell'affrontare transizioni ed emergenze ambientali. L'esperienza proseguirà con la seconda edizione del bando "Percorsi di Sostenibilità" 2024, già avviata, e con una successiva edizione 2025, incrementando le realtà e i territori raggiunti da questo tipo di progettualità.
Attraverso la collaborazione e l'accompagnamento alle diverse progettualità finanziate, si evidenzia come l'università "aperta al territorio" abbia assunto la responsabilità di co-elaborare scenari di sostenibilità con associazioni ed enti locali, con il risultato di realizzare interventi concreti: da azioni di *depaving*, alla realizzazione di soluzioni *nature-based*, ad azioni di conservazione di habitat, al recupero di prati e pascoli, a soluzioni per il miglioramento degli agroecosistemi, ad azioni di coinvolgimento di abitanti, scuole e comunità di riferimento. L'approccio interdisciplinare è stato sperimentato con successo valutando

- surfaces set up as educational gardens, including greenhouse surfaces and spaces equipped with innovative cultivation systems in a controlled environment;
- restored pasture area, after assessing the plant cover and the ratio between the non-native herbaceous and shrub species present with the native ones pre-intervention and post-intervention. This indicator measures the degradation of pasture areas in quantitative and qualitative terms;
- litres of water saved through the creation, in the pastoral forestry environment, of new forms of micro water catchments equipped with a float aimed at rationalising the water resource while improving the conditions of grazing cattle;
- km of paths recovered, thanks to naturalistic engineering interventions;
- the number of pollinators increased through the bee hotel stations, and several amphibians were present in wetlands pre-intervention and post-intervention.

As regards the criteria relating to social involvement and education, the indicators refer to the organisation of events aimed at raising awareness and disseminating information to the local community, and to the participation of public and private subjects and stakeholders. They are quantified, for example, in the number of guided tours in the area, the number of school-age girls and boys involved, new synergies and partnerships activated.
Some projects also had economic repercussions, promoting employment and job placement, with particular attention to people having difficulty managing the interventions.

Results

Overall, thanks to funding from the CRC Foundation and the collaborative and exchange actions between the beneficiaries of the call and the academy, after a year of activity the province of Cuneo finds itself with a series of interventions with environmental, social and economic impacts and consequences throughout the territory:

- 6 environmental recoveries including a forest and the bed of a stream, some paths, an urban area, an extra-urban area (Fig. 1), a site of community importance, a protected wetland (Fig. 2);
- 2 mountain pasture areas restored;
- 1 fruit-bearing chestnut grove and 2 historic orchards reactivated;
- 1 new greenhouse for the experimentation of innovative and sustainable cultivation techniques (Fig. 3);
- 12 small, widespread interventions with strategic value and, no less important, a community more attentive and sensitive to the protection of the territory.

The experience presented documents some examples of a "constellation" of small but widespread interventions that respond to widespread collective needs, with wide-ranging repercussions for the territories to which they belong, often also linked to raising awareness and educating communities. These virtuous examples, which can be replicated beyond the territory of reference, contribute to the debate on new ways of interacting between universities and different actors in addressing environmental transitions and emergencies. The experience will continue with the second edition of the "*Percorsi di Sostenibilità*" 2024 call, which has already started, and with a

02| Eradicazione di specie esotiche invasive in un'area umida protetta. Centro Cicogne e Anatidi, Racconigi, CN
Eradication of invasive exotic species in a protected wetland. Centro Cicogne e Anatidi, Racconigi, CN

03| Serra didattica realizzata dalla Colonia Agricola Provinciale negli spazi verdi gestiti in collaborazione con il CFPCemon, Mondovì (CN). Fonte: CFPCemon
Educational greenhouse created by the Provincial Agricultural Colony in the green spaces managed in collaboration with the CFPCemon, Mondovì (CN). Source: CFPCemon

02 |

03 |

ed accompagnando progetti che, anche se a livello puntuale e locale, hanno risposto a problematiche ambientali e alla realizzazione di nuovi spazi resilienti e biodiversi.
L'esperienza ha portato benefici per tutti gli attori coinvolti: i ricercatori, attraverso l'attività di accompagnamento, hanno avuto l'opportunità di condividere conoscenze ed esperienze, sperimentare metodologie innovative in diversi settori e approfondire la comprensione del territorio. Le realtà coinvolte hanno potuto esplorare visioni diversificate, elaborate congiuntamente con l'università, favorendo l'apertura di nuove prospettive per lo sviluppo e la trasformazione del territorio. La Fondazione CRC ha sostenuto la diffusione di una capacità progettuale condivisa, garantendo un quadro di risultati misurabili non solo dal punto di vista economico, ma anche in termini di impatti concreti sul territorio.

Conclusioni e prospettive Bandi come quello analizzato costituiscono importanti opportunità per allineare verso le sfide collettive (come la salvaguardia della biodiversità) piccole realtà locali, che pur gestendo attività di piccole dimensioni riescono ad essere efficaci e a raggiungere risultati concreti. Aiutano a consolidare tra le piccole realtà una capacità diffusa nello sviluppare progetti orientati alle sfide globali, soprattutto grazie al supporto metodologico previsto. L'importanza di portare il più possibile alla piccola scala tali sfide, è confermata dal modello di coinvolgimento delle Terze Parti nei progetti di ricerca europei *Horizon* che permettono di collegare a grandi progetti di ricerca inquadrati nelle diverse sfide europee finanziamenti a cascata rivolti anche a piccoli soggetti portatori di interessi, attivi e capaci di agire nella piccola scala.

Considerata l'importanza del sostegno pubblico nel promuovere risultati positivi per la biodiversità, "Percorsi di Sostenibilità" mira ad aumentare la consapevolezza pubblica sul valore della biodiversità e sulle azioni che contribuiscono a conservarla nel tempo. Si può affermare che la valutazione dei progetti locali è una strategia e un'opportunità per garantire una gestione "attiva". Il coinvolgimento pubblico per lo sviluppo locale è stato riconosciuto come uno strumento importante per raggiungere la sostenibilità e la tutela della biodiversità attraverso la trasformazione degli atteggiamenti umani nei confronti della natura. Questo articolo esplora come sono stati realizzati progetti per la biodiversità e la tutela ambientale.
È fondamentale sottolineare che i progetti finanziati non sono progetti di ricerca, ma di sviluppo di azioni, puntuali e circoscritte, che si collocano già dall'inizio verso obiettivi realizzativi la cui efficacia e validità scientifica per la salvaguardia della biodiversità sono comprovate. La Fondazione CRC ha previsto per le 3 misure del Bando un accompagnamento da parte di soggetti esperti perché ha riscontrato in esperienze precedenti di bandi di finanziamento su altre tematiche rivolti ai soggetti pubblici del territorio la difficoltà a selezionare gli interventi efficaci e coerenti agli obiettivi del bando e a far concludere i progetti senza perdere l'allineamento con gli obiettivi iniziali soprattutto in considerazione dei frequenti imprevisti che si possono verificare in attività molto pratiche e che prevedono l'esecuzione di opere sull'ambiente naturale e costruito. L'azione di accompagnamento ha permesso anche il monitoraggio dei progetti finanziati, verificando lo stato di attuazione delle azioni portate avanti ed il raggiungimento degli obiettivi stabiliti. Il principale risultato dell'azione di accompagnamento è il

subsequent 2025 edition, increasing the entities and territories this type of project has involved. Collaboration and support for various funded projects reveal how the university "open to the territory" has taken on the responsibility of co-elaborating sustainability scenarios with associations and local authorities, resulting in the implementation of concrete interventions, from de-paving actions, to the creation of nature-based solutions, to habitat conservation actions, to the recovery of meadows and pastures, to solutions for the improvement of agroecosystems, to actions involving inhabitants, schools and reference communities. The interdisciplinary approach has been successfully tested by evaluating and supporting projects that, even at a specific and local level, have responded to environmental problems and created new, resilient, biodiverse spaces. The experience has brought benefits for all actors involved. Indeed, through the support activity, researchers have had the opportunity to share knowledge and experience, experiment with innovative methodologies in different sectors, and deepen their understanding of the territory. The entities involved could explore diversified visions, developed jointly with the university, favouring the opening of new perspectives for the development and transformation of the territory. The CRC Foundation supported the diffusion of a shared planning capacity, guaranteeing a framework of measurable results not only from an economic point of view, but also in terms of concrete impacts on the territory.

Conclusions and perspectives
Calls like the one analysed are essential opportunities to align small local entities towards collective challenges (such as biodiversity protection), which, despite managing small-scale activities, are effective and achieve concrete results. They help consolidate a widespread capacity among small entities to develop projects oriented towards global challenges, mainly thanks to the methodological support. The importance of making these challenges achievable in a smaller scale is confirmed by the model of involvement of Third Parties in European research projects Horizon, which allow to connect to large research projects framed in the various European challenges cascading funding also aimed at small stakeholders, active and capable of acting on a small scale.
Due to the importance of public support in fostering positive outcomes for biodiversity, "*Percorsi di Sostenibilità*" aims to increase public awareness of the value of biodiversity and actions that help to conserve it over time. We affirm that the evaluation of local projects is a strategy and an opportunity for ensuring "active" management. Public engagement for local development has been recognised as an important tool for achieving sustainability and biodiversity protection through transforming human attitudes towards nature. This paper explores how projects for biodiversity and environmental protection have been carried out.
It is essential to underline that the funded projects are not research projects but development projects of specific and limited actions, which are placed from the beginning towards implementation objectives, whose effectiveness and scientific validity for biodiversity protection are proven. The CRC Foundation has foreseen for the three measures of the Call for Pro-

semplice (spesso non così scontato) completamento dei progetti mantenendo l'allineamento con gli obiettivi dichiarati.
Possiamo evidenziare come le azioni portate avanti nei progetti finanziati dalla Fondazione CRC rispondano agli obiettivi prefissati dalla "Dichiarazione per l'adattamento climatico delle *Green City*" (Fondazione per lo sviluppo sostenibile, 2019). In particolare, per "puntare di più sulle soluzioni basate sulla natura" sono promossi tutti gli interventi (NbS). Nei progetti sono stati riqualificati spazi aperti urbani e rurali, realizzate nuove aree verdi e implementati i corridoi ecologici esistenti e le cinture verdi. Queste azioni, oltre a migliorare e ripristinare la biodiversità, forniscono diversi servizi ecosistemici tra cui mitigare il rischio climatico e il dissesto idrogeologico contribuendo ad aumentare la resilienza delle aree urbane (Beceiro *et al.*,, 2022).In questo contesto, diversi autori evidenziano come obiettivo prioritario nel futuro campo di ricerca l'importanza di pianificare, progettare, gestire e monitorare interventi di public engagement volti a incrementare la biodiversità e la tutela dell'ambiente (Fu *et al.*,, 2021; Bonelli *et al.,* 2025).
Una molteplicità di interventi, differenti tra loro, che ha stimolato riflessioni sul nostro lavoro come accademici impegnati sul campo, che ha richiesto flessibilità, attenzione e cura delle realtà di cui ci siamo occupati e con le quali ci siamo "alleati", in una dimensione che non è stata il trasferimento delle conoscenze top down ma quella dello scambio.
Analizzando i progetti e i risultati raggiunti volti al miglioramento della biodiversità, possiamo individuare le priorità e orientare gli interventi futuri. Realtà che abbiamo dovuto comprendere e guardare da vicino, grazie alla partecipazione attiva dei beneficiari, ragionando di volta in volta sulle specificità locali, che, di fatto, costituiscono elementi chiave per sostenere e accompagnare pratiche diffuse di tutela del territorio.

REFERENCES

Artmann, M., Bastian, O. and Grunewald, K. (2017), "Using the concepts of green infrastructure and ecosystem services to specify Leitbilder for compact and green cities-the example of the landscape plan of Dresden (Germany)", *Sustainability*, Vol. 9, 2, 198, pp. 1-26. Avaible at: https://doi.org/10.3390/su9020198 (Accessed on 26/06/2025).

Assandri, G., Bogliani, G., Pedrini, P. and Brambilla, M. (2018), "Beautiful agricultural landscapes promote cultural ecosystem services and biodiversity conservation", *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 256, pp. 200-210. Avaible at: https://doi.org/10.1016/j.agee.2018.01.012 (Accessed on 26/06/2025).

Bergamo, P.J., Rito, K.F., Viana, B.F., Garcia, E., Lughadha, Maue´s, M.M., Rech, A.R., Silva, F.D.S., Varassin, I.G., Agostini, K., Marques, M.C.M., Maruyama, P.K., Ravena N., Garibaldi, L.A., Knight, T.M., Oliveira, P.E.A., Oppata, A.K., Saraiva, A.M., Tambosi, L.R., Tsukahara, R.Y., Freitas, L. and Wolowski, M. (2023), "Integrating public engagement to intensify pollination services through ecological restoration", *iScience*, Vol. 26, 107276, pp. 1-16. Avaible at: https://doi.org/10.1016/j.isci.2023.107276 (Accessed on 26/06/2025).

Bonelli, S., Larcher, F., Lu, L., Depetris M. and Ronci, M. (2025). "NBS for biodiversity" in Barbero, S., Timpe, A. (Eds.), *Nature-Based Solutions for Urban Renewal in Post-Industrial Cities*,Taylor and Francis Editor, New York, NY, pp. 36-56.

Collier de Mendonça, M., Trauer, E., Perassi, R. and Costa, E. (2019), "Interdisciplinarity, Design Thinking, and Innovation in Public Spaces: a Teaching Experience in Florianopolis Botanical Garden Park", *Journal on Innovation and Sustainability*, Vol. 10, 2, pp. 86-97. Avaible at: https://doi.org/10.23925/2179-3565.2019v10i2p86-97 (Accessed on 26/06/2025).

posals an accompaniment by experts, having observed in previous experiences of funding calls for other topics aimed at public bodies in the territory the difficulty in selecting effective interventions that are consistent with the objectives of the call for proposals, and in completing projects without losing alignment with the initial objectives. It is essential to especially consider the frequent unforeseen events that can occur in highly practical activities involving the execution of works on the natural and built environment. The accompaniment action has also allowed to monitor the funded projects, verifying the implementation status of the actions carried out and the achievement of the established objectives. The main result of the accompaniment action is the simple (often not so obvious) completion of projects, while maintaining alignment with the declared objectives. We can highlight how the actions carried out in the projects funded by the CRC Foundation respond to the objectives defined by the Declaration for the Climate Adaptation of Green Cities (Foundation for Sustainable Development, 2019). In particular, all interventions are promoted to "focus more on nature-based solutions" (NbS). Urban and rural open spaces have been redeveloped, new green areas have been created, and existing ecological corridors and green belts have been implemented In these projects. These actions, in addition to improving and restoring biodiversity, provide various ecosystem services, including mitigating climate risk and hydrogeological instability, which contribute to increasing the resilience of urban areas (Beceiro *et al.,* 2022). In this context, several authors highlight as a priority objective in the future field of research the importance of planning, designing, managing and monitoring public engagement interventions aimed at increasing biodiversity and environmental protection (Fu *et al.,* 2021; Bonelli *et al.,* 2025).
Several interventions, differing from each other, that stimulated reflections on our work as academics engaged in the field, required flexibility, attention and care of the entities we dealt with and with which we "allied", in a dimension that was not the top-down transfer of knowledge but the exchange of know-how.
By analysing projects and results achieved aimed at improving biodiversity, we can identify priorities and guide future interventions. Realities we had to understand and look at closely, thanks to the active participation of the beneficiaries and reasoning from time to time on the local specificities, constitute key elements to support and accompany widespread practices of protecting the territory.

Cooper, M.W., Di Minin, E., Anna Hausmann, A., Qin, S., Schwartz, A.J. and Correiah, R.A. (2019), "Developing a global indicator for Aichi Target 1 by merging online data sources to measure biodiversity awareness and engagement", *Biological conservation*, Vol. 203, pp. 29-36. Avaible at: https://doi.org/10.1016/j.biocon.2018.12.004 (Accessed on 26/06/2025).

European Union (2021), Regulation (EU) 2021/1119 of the European Parliament and of the Council of 30 June 2021 establishing the framework for achieving climate neutrality and amending Regulations (EC) No 401/2009 and (EU) 2018/1999 ('European Climate Law'). Avaible at: https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2021/1119/oj/eng (Accessed on 26/06/2025).

Fondazione per lo sviluppo sostenibile (2019), "Dichiarazione per l'adattamento climatico delle Green City", *Green City network*, 2 National conference of green cities, 16 July 2019 Milan, pp.1-8. Avaible at: https://www.fondazionesvilupposostenibile.org/pubblicazioni/green-city-network/ (Accessed on 26/06/2025).

Fu, X., Hopton, M.E. and Wang, X.H. (2021), "Assessment of Green Infrastructure Performance through an Urban Resilience Lens", *Journal of Cleaner Production*, Vol. 289, pp. 1-11. Avaible at: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125146 (Accessed on 26/06/2025).

Gullino, P., Battisti, L., Frontuto, V., Corsi, A., Devecchi, M. and Larcher, F. (2023), "The landscape impact of agricultural sheds in rural UNESCO site: public preferences and mitigation solutions", *Environmental Science & Policy*, Vol. 140, pp. 232-241. Avaible at: https://doi.org/10.1016/j.envsci.2022.12.009 (Accessed on 26/06/2025).

Johnson, C.N., Balmford, A., Brook B. W., Buettel J.C., Galetti, M., Guangchun, L. and Wilmshurst, J.M. (2017), "Biodiversity losses and conservation responses in the Anthropocene", *Science*, Vol. 356, 6335, pp. 270-275. Avaible at: https://doi.org/10.1126/science.aam931 (Accessed on 26/06/2025).

Larcher, F. and Gullino, P. (2021), "Interazioni e integrazioni disciplinari per un progetto di paesaggio urbano biodiverso", in Gabbianelli, A., Rinaldi, B. M., Salizzoni, E. (Eds), *NATURE IN CITTÀ. Biodiversità e progetto di paesaggio in Italia*, Società Editrice Il Mulino, Bologna, pp. 61-73.

McLaughlin, B.C., Skikne, S.A., Beller, E., Blakey, R.V., Olliff-Yang, R.L., Morueta-Holme, N., Heller, N.E., Brown, B.J. and Zavaleta, E.S. (2022), "Conservation strategies for the climate crisis: An update on three decades of biodiversity management recommendations from science", Biological Conservation, Vol. 268, 109497, pp. 1-12. Avaible at: https://doi.org/10.1016/j.biocon.2022.109497 (Accessed on 26/06/2025).

Naeem, S., Chazdon, R., Duffy, J.E., 3, Prager, C. and Worm, B. (2016), "Biodiversity and human well-being: an essential link for sustainable development", Proceedings of the Royal Society B, Vol. 283, 20162091.Avaible at: https://doi.org/10.1098/rspb.2016.2091 (Accessed on 26/06/2025).

Office of Technology Assessment (1987), *Technologies to Maintain Biological Diversity*, Summary, U. S. Govt. Printing Office, Washington, D.C. Avaible at: https://ota.fas.org/reports/8727.pdf (Accessed on 26/06/2025).

Padoa-Schioppa, E., Canedoli, C. and Rota, N. (2021). "Biodiversità urbana in Italia", in Gabbianelli, A., Rinaldi, B. M., Salizzoni, E. (Eds), *NATURE IN CITTÀ. Biodiversità e progetto di paesaggio in Italia*, Società Editrice Il Mulino, Bologna, pp. 17-36.

RAISE e(co)-cities. Ecosistemi, nuove tecnologie e sviluppo socioeconomico in reti multi-urbane

Just Accepted: May 26, 2025 **Published:** November 06, 2025

Niccolò Casiddu, https://orcid.org/0000-0002-5010-038X casiddu@unige.it
Manuel Gausa Navarro, https://orcid.org/0000-0002-9007-1974 manuelgausa.navarro@unige.it
Silvia Pericu, https://orcid.org/0000-0001-7023-0432 silvia.pericu@unige.it
Nicola Valentino Canessa, https://orcid.org/0000-0002-4537-7210 nicolavalentino.canessa@unige.it
Claudia Porfirione, https://orcid.org/0000-0002-1270-2523 claudia.porfirione@unige.it
Chiara Centanaro, https://orcid.org/0009-0005-7615-1854 chiara.centanaro@edu.unige.it
Francesco Burlando, https://orcid.org/0000-0001-5535-8382 francesco.burlando@unige.it
Dipartimento Architettura e Design, Università degli Studi di Genova, Italia

Abstract. Il progetto RAISE – *Robotics and AI for Socio-economic Empowerment* –, finanziato dal MUR nell'ambito del PNRR, rafforza gli ecosistemi dell'innovazione integrando ricerca, industria e istituzioni territoriali. Sfruttando tecnologie robotiche e IA, sviluppa una piattaforma cittadina per migliorare l'accesso ai servizi urbani e la mobilità quotidiana. Il percorso metodologico, basato sull'integrazione di analisi qualitative e quantitative (*user personas*, *journey maps*, *Urban Dashboard* e *Multi Deprivation Index*), si articola in attività di co-design e l'uso di AI generativa favorendo una partecipazione attiva di cittadini, PA e Università, offrendo strumenti replicabili e scalabili per realizzare ambienti urbani più inclusivi, orientati a una *governance* aperta e partecipativa.

Parole chiave: Tecnologie inclusive; *Living lab*; Intelligenza artificiale generativa; *Prompt design*; Co-design.

Ecosistema dell'Innovazione

Il progetto RAISE – *Robotics and AI for Socio-economic Empowerment* – è finanziato dal Ministero dell'Università e della Ricerca (MUR) con l'Investimento 1.5 (M4C2) del Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR) che ha previsto la creazione e il rafforzamento di ecosistemi dell'innovazione su aree di specializzazione tecnologica coerenti con le vocazioni industriali e di ricerca del territorio di riferimento, promuovendo e rafforzando la collaborazione tra il sistema della ricerca, il sistema produttivo e le istituzioni territoriali.

Nella sua componente in Spoke 1, l'ecosistema dell'innovazione mira a sviluppare una piattaforma per i cittadini per migliorare l'accesso alle attività quotidiane, come la pianificazione di itinerari o gli spostamenti all'interno di ambienti urbani ed edifici pubblici con l'obiettivo di facilitare l'interazione dei cittadini con i servizi pubblici attraverso processi inclusivi, avvalendosi di tecnologie robotiche e di IA, per il miglioramento socio-economico su scala urbana. All'interno di questo obiettivo generale, le attività sperimentali presentate sono realizzate nel WP "From Inclusive Technologies to Inclusive Smart Cities", con l'obiettivo di implementare *policy* basate sui dati (Crawford and Goldsmith, 2014), coinvolgendo i responsabili politici e i cittadini in processi trasparenti e partecipati (Canessa, 2024), operando quindi a livello infra-comunale e su piccola scala.

Le attività rientrano nei Task "PA-citizens interaction and citizens' engagement" e "Identification of design-driven solutions for urban regeneration strategies" per sviluppare strategie *design-driven* attraverso strumenti di visualizzazione per incentivare l'adozione e l'uso di tecnologie robotiche e di intelligenza artificiale, insieme alle loro interfacce. Si promuove quindi l'interazione tra la pubblica amministrazione (PA) e i cittadini (De Filippi and Coscia, 2024) in contesti di *living lab* (García Robles *et al*., 2015) dove *stakeholder* istituzionali, pubblica amministrazione e cittadini sono coinvolti (Canessa, 2024) per accelerare il processo di adozione delle soluzioni tecnologiche proposte: i processi di co-design (De Filippi and Coscia, 2024) sperimentati individuano le necessità dei cittadini per miglio-

RAISE e(co)-cities. Ecosystems, new technologies, and socioeconomic development in multi-urban networks

Abstract. The RAISE project – Robotics and AI for Socio-economic Empowerment – funded by the MUR within the framework of the PNRR, strengthens innovation ecosystems by integrating research, industry, and local institutions. Leveraging robotic and AI technologies, it develops a citizen platform to enhance access to urban services and daily mobility. The methodological approach, based on integrating qualitative and quantitative analyses (user personas, journey maps, Urban Dashboard, and Multi Deprivation Index), is structured through co-design activities and the use of generative AI. This fosters active participation by citizens, public administration, and universities, providing replicable and scalable tools to create more inclusive urban environments oriented toward open and participatory governance.

Keywords: Inclusive technologies; Living lab; Generative artificial intelligence; Prompt design; Co-design.

Innovation ecosystem

The RAISE project – Robotics and AI for Socio-economic Empowerment – is funded by the Ministry of University and Research (MUR) through Investment 1.5 (M4C2) of the National Recovery and Resilience Plan (PNRR). This initiative aims to create and strengthen innovation ecosystems in areas of technological specialisation that are consistent with the industrial and research vocations of the respective territories, promoting and reinforcing collaboration among the research system, the production system, and local institutions.

Within its Spoke 1 component, the innovation ecosystem seeks to develop a citizen platform to improve access to everyday activities – such as route planning or movement within urban environments and public buildings – with the goal of facilitating citizens' interaction with public services through inclusive processes that leverage robotic and AI technologies for urban-scale socio-economic enhancement. Within this overall objective, the experimental activities are implemented in the work package "From Inclusive Technologies to Inclusive Smart Cities" with the aim of implementing data-driven policies (Crawford and Goldsmith, 2014) by involving policymakers and citizens in transparent and participatory processes (Canessa, 2024), operating at the infra-municipal level and on a small scale.

These activities fall under the tasks "PA-Citizens Interaction and Citizens' Engagement" and "Identification of Design-Driven Solutions for Urban Regeneration Strategies" to develop design-driven strategies through visualisation tools that encourage the adoption and use of robotic and arti-

ISSN online: 2239-0243 | © 2025 Author(s) | http://www.fupress.com/techne | DOI: 10.36253/techne-17406
Open access, peer-reviewed article published by Firenze University Press (https://www.fupress.com) and distributed, except where otherwise noted, under the terms of the CC BY 4.0 License for content and CC0 1.0 Universal for metadata

rare l'accessibilità allo spazio pubblico e ai servizi urbani, accelerando il processo di adozione. Le attività valorizzano il ruolo dell'Università sia come facilitatore nella interazione tra PA e cittadini che come intermediario nel processo di trasferimento tecnologico. La metodologia proposta è replicabile nei diversi contesti dell'Ecosistema per strutturare un sistema di e(co)-città, lette in chiave di comunità in una rete multi-urbana (Gausa, 2019) attraverso l'implementazione di processi condivisi di *policy-making* e *co-design*.

La necessità di implementare strumenti di valutazione condivisi è centrale per lo sviluppo di meccanismi di governance aperti e trasparenti (De Filippi and Coscia, 2024), per supportare cittadini e pubblica amministrazione nella definizione di obiettivi a lungo termine per migliorare l'accessibilità alla città e alle sue componenti digitali: «we urgently need new forms of digital cooperation to ensure that digital technologies are built on a foundation of respect for human rights and provide meaningful opportunity for all people and nations» (Digital Cooperation, 2019).

Integrazione di valutazioni quantitative e qualitative

L'approccio proposto si basa sull'integrazione di metodologie di *design thinking* e *urban design* per comprendere in profondità i bisogni reali degli utenti rispetto al contesto urbano.

Il progetto sviluppa così su di un determinato contesto urbano una strategia per la mappatura di dati qualitativi e quantitativi, con particolare attenzione a *User Personas* e *Journey Maps* (O'Grady and O'Grady, 2017), strumenti che consentono di individuare criticità e opportunità nella fruizione di spazi e servizi. L'obiettivo è fornire una metodologia scalabile e replicabile (Fig. 1), applicata inizialmente al contesto della città dei 15 minuti di Cogorno. Il lavoro include osservazioni sul campo, interviste e mappature empatiche, con un approccio multidisciplinare che coinvolge urbanistica, pianificazione strategica e servizi per la città. Il progetto nasce dall'esigenza di sviluppare un approccio metodologico che analizzi diversi contesti, permettendo al contempo di entrare in contatto con le esigenze dei cittadini, le loro dinamiche d'uso degli spazi e le percezioni di sicurezza e di accessibilità, combinando strumenti di analisi qualitativa e quantitativa, tra cui interviste, osservazioni partecipative e mappe empatiche. Un aspetto innovativo è l'integrazione di attività di *co-design* con IA, che permette un reale coinvolgimento delle persone nella prefigurazione di soluzioni e diventa una piattaforma di interazione tra cittadini e amministrazioni. L'*output* principale è un *framework* di analisi replicabile, utile per progettisti e amministrazioni per sviluppare strategie capaci di rendere le *smart city* più inclusive e sostenibili.

La necessità di utilizzare analisi quantitative e qualitative è definita nel *framework*[1] sviluppato dall'Unesco *Internet Universality Indicators* (*IUIs*) e nato per individuare processi valutativi per ridurre i divari digitali. Il *framework* è basato sui principi ROAM: sui diritti umani (*Rights*), aperto (*Open*), accessibile a tutti (*Accessible*) e sostenuto dalla partecipazione *multistakeholder* (*Multistakeholder*) (Souter and van der Spuy, 2019). L'integrazione quindi di strumenti multidimensionali coinvolge i cittadini nel processo valutativo, supporta le amministrazioni pubbliche nella pianificazione strategica basata su dati verificabili per monitorare l'efficacia degli interventi nel tempo. I territori dove poter implementare la metodologia dovranno avere

ficial intelligence technologies, along with their interfaces. This approach fosters interaction between public administration (PA) and citizens (De Filippi and Coscia, 2024) in living lab settings (García Robles *et al.*, 2015), where institutional stakeholders, public administration, and citizens are involved (Canessa, 2024) to accelerate adoption of the proposed technological solutions. The co-design processes (De Filippi and Coscia, 2024) identify citizens' needs to enhance accessibility to public spaces and urban services, thereby accelerating adoption. These activities also underscore the role of the University as both a facilitator in the interaction between PA and citizens, and as an intermediary in the technology transfer process. The proposed methodology is replicable across different contexts within the Ecosystem, thereby structuring a system of e(co)-cities conceived as communities within a multi-urban network (Gausa, 2019) through the implementation of shared policy-making and co-design processes.

The need to implement evaluation tools shared by both the end users of the technologies and the administrations is central to the development of open and transparent governance mechanisms (De Filippi and Coscia, 2024). Such mechanisms support citizens and public administration in defining long-term objectives to improve both city accessibility and its digital components: «we urgently need new forms of digital cooperation to ensure that digital technologies are built on a foundation of respect for human rights, and provide meaningful opportunity for all people and nations» (UN High-Level Panel on Digital Cooperation, 2019).

Integration of quantitative and qualitative evaluations

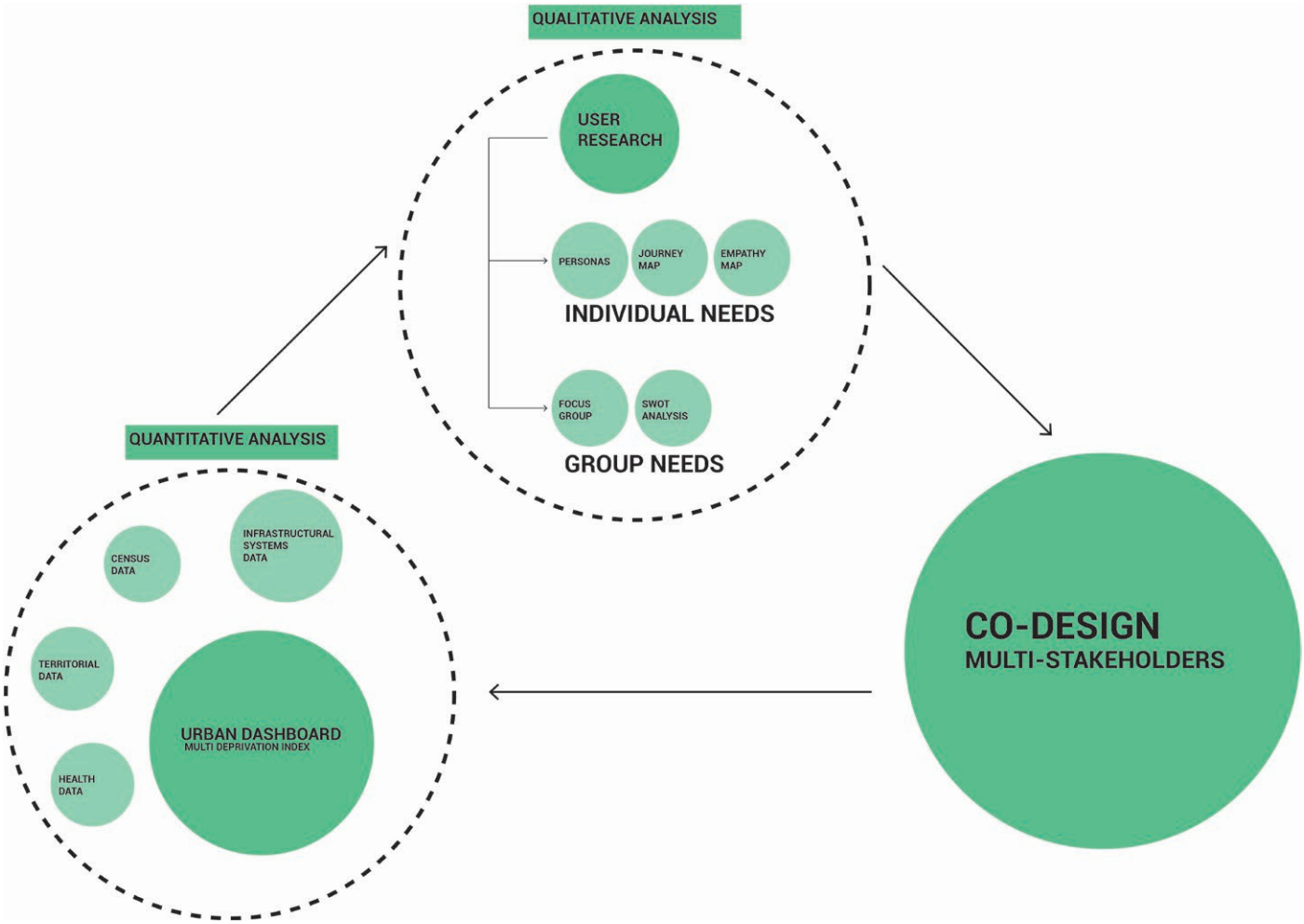
The proposed approach is based on integrating design thinking and urban design methodologies to deeply understand the real needs of users within the urban context. The project thus develops, in a specific urban setting, a strategy for mapping both qualitative and quantitative data – with particular emphasis on User Personas and Journey Maps (O'Grady and O'Grady, 2017) – tools that enable the identification of critical issues and opportunities in the use of spaces and services. The objective is to provide a scalable and replicable methodology (Fig. 1), initially applied to the context of Cogorno's 15-minute city. The work includes field observations, interviews, and empathy mapping, employing a multidisciplinary approach involving urban planning, strategic planning, and city services. The project arises from the need to develop a methodological approach that analyses different contexts while engaging with citizens' needs, their space usage patterns, and perceptions of safety and accessibility, by combining qualitative and quantitative analysis tools such as interviews, participatory observations, and empathy maps. An innovative aspect is the integration of co-design activities with AI, which allows for genuine citizen involvement in envisioning solutions and becomes an interaction platform between citizens and administrations. The main output is a replicable analytical framework that is useful for designers and administrations to develop strategies, which make smart cities more inclusive and sustainable. The necessity of employing both quantitative and qualitative analyses is defined in the framework developed

già l'infrastruttura[2] di connessione, caratteristica essenziale per identificare le aree prioritarie.

Analisi Quantitativa
Per costruire un sistema personalizzato a partire dai dati, è necessario considerare obiettivi e priorità dello specifico territorio (Dameri and Bruzzone, 2024). Queste priorità definiscono gli obiettivi principali da raggiungere in base ai punti di forza, alle debolezze e alla direzione politica scelta dal sindaco e dal consiglio comunale e per ciascun tema è individuato un sottoinsieme degli indicatori standard, attraverso un'aggregazione dinamica e personalizzata: questo permette di collegare le politiche locali con le prestazioni misurate e di orientare le scelte politiche verso il raggiungimento degli obiettivi (Dameri and Bruzzone, 2024). Questa possibilità consente di individuare parametri associati a ciascuna area, elaborati attraverso la *Urban Dashboard* (Bruzzone, 2024) strutturata nel Task 5.2, dove l'indice multidimensionale *Multi Deprivation Index (MDI)* consente di mappare carenze e necessità di trasformazione in funzione dei dati compositi (Magliocco and Canepa, 2022) e di individuare le aree prioritarie su cui intervenire per identificare le esigenze legate a gruppi *target*, caratterizzati da condizioni di vulnerabilità.

Analisi Qualitativa
Nelle aree individuate, si avvia una fase di valutazione qualitativa attraverso processi di *living lab* (García Robles *et al.*, 2015) per individuare e approfondire le necessità specifiche. L'obiettivo è duplice:
identificare i bisogni prioritari degli utenti attraverso il confronto diretto (*user research activity*) e progettare soluzioni operative per migliorare i parametri identificati nella fase quanti-

01 |



tativa (co-progettazione). A conclusione del processo, la *Urban Dashboard* aggiornata monitora i progressi rispetto agli indici.

Monitoraggio e Valutazione nel Tempo
Le modifiche proposte sono sottoposte a monitoraggio continuo, utilizzando dati statistici e censuari. La piattaforma consente di valutare il miglioramento dei parametri del *Multi Deprivation Index* e di determinare l'impatto degli interventi a medio e lungo termine. Alcuni parametri, come quelli relativi all'accessibilità, possono essere misurati in tempo reale, mentre altri richiedono dati raccolti periodicamente attraverso censimenti.

Caso studio

Al fine di estendere l'impatto delle tecnologie verso uno scenario di scalabilità e replicabilità e per esplorare le esigenze delle comunità, è stata analizzata una porzione del territorio della Città Metropolitana di Genova, composta dai comuni di Lavagna, Chiavari e San Salvatore di Cogorno. Le attività proposte rientrano all'interno del processo di indagine qualitativa. Dopo un'analisi iniziale del territorio è stato individuato nel Villaggio del Ragazzo il caso di studio, prendendo in esame l'area di 15 minuti a piedi attorno al complesso scolastico. La centralità della struttura nel contesto sociale riguarda sia l'offerta educativa, dalla scuola primaria alla formazione professionale e la presenza dell'Università, che le varie attività sportive e culturali che possono essere svolte sia all'interno che all'esterno degli spazi. Dopo una giornata *in-situ* per condurre analisi socio-spaziali preliminari con interviste a campione, sono stati individuati 7 temi di analisi basati sulle caratteristiche dell'area su cui definire gli scenari di trasferimento: spazi e campi sportivi, ciclovia dell'Ardesia e Mobilità Urbana, itinerari storico-culturali, spazi commerciali e del lavoro, spazi verdi, servizi quotidiani, servizi di quartiere.

User research activity

Nel maggio 2023, presso gli spazi del Villaggio del Ragazzo, è stato realizzato un *living lab* (LiCalab, 2022) per la costruzione di 6 *focus group*, ciascuno costruito in base al tema progettuale individuato: è stato strutturato con attori provenienti da attività economiche e associazioni interessate all'argomento del tavolo e in ciascun *focus group* è stato incluso almeno un funzionario della PA (come stakeholder di primo livello). Sono stati coinvolti complessivamente 36 partecipanti distribuiti in 6 *focus group* tematici, che si sono svolti alla presenza di 64 ascoltatori esterni. Questa fase è stata dedicata all'individuazione dei bisogni, sia a livello individuale tramite interviste semi-strutturate, sia a livello collettivo. Lo schema dell'intervista semi-strutturata è composto da quattro parti: informazioni personali, giornata tipo, relazione con la città dei 15 minuti, relazione con il Villaggio del Ragazzo. In questa fase di indagine è stata posta una domanda diretta riguardo alla possibilità di includere strumenti tecnologici per migliorare il comfort o la sicurezza in relazione al rapporto dell'intervistato con la città dei 15 minuti per individuare aspettative o eventuali criticità.
L'ingaggio degli utenti finali è stato il punto di partenza per creare 36 *user personas* (O'Grady and O'Grady, 2017), *Journey Map* e *Empathy Map* (Curedale, 2019) per rilevare i bisogni reali mediante un processo collaborativo (Digital Cooperation, 2019) di ricerca e sviluppo, coinvolgendo quindi gli utenti finali.

by the UNESCO Internet Universality Indicators (IUIs), designed to identify evaluative processes to reduce digital divides. The framework is based on the ROAM principles: Rights, Open, Accessible, and Multistakeholder (Souter and van der Spuy, 2019). The integration of these multidimensional tools involves citizens in the evaluation process and supports public administrations in data-driven strategic planning to monitor the effectiveness of interventions over time. The territories where the methodology can be implemented must already possess connection infrastructure[2], an essential characteristic for identifying priority areas.

Quantitative analysis
To build a customised system based on data, it is necessary to consider the objectives and priorities of the specific territory (Dameri and Bruzzone, 2024). These priorities define the main objectives to be achieved based on strengths, weaknesses, and the political direction chosen by the mayor and the municipal council. For each theme, a subset of standard indicators is identified through dynamic and personalised aggregation, linking local policies with measured performance and guiding political decisions toward achieving the objectives (Dameri and Bruzzone, 2024). This approach enables the identification of parameters for each area, processed through the Urban Dashboard (Bruzzone, 2024) structured in Task 5.2, where the multidimensional Multi Deprivation Index (MDI) maps shortcomings and transformation needs based on composite data (Magliocco and Canepa, 2022), and identifies priority areas for intervention to address the needs of vulnerable target groups.

Qualitative analysis
In the identified areas, a qualitative evaluation phase is initiated through living lab processes (García Robles *et al.*, 2015) to pinpoint and deepen specific needs. The goal is twofold, precisely to identify users' priority needs through direct engagement (user research activity), and to design operational solutions to improve the parameters identified in the quantitative phase (co-design). At the conclusion of the process, the updated Urban Dashboard monitors progress against the indices.

Monitoring and evaluation over time
The proposed modifications are continuously monitored using statistical and census data. The platform allows to evaluate improvements in the Multi Deprivation Index parameters, and to determine the medium and long-term impact of interventions. Some parameters, such as those related to accessibility, can be measured in real time, while others require periodically collected census data.

Case study
In order to extend the impact of technologies toward a scenario of scalability and replicability, and to explore community needs, a portion of the territory of the Metropolitan City of Genoa – comprising the municipalities of Lavagna, Chiavari, and San Salvatore di Cogorno – was analysed. The proposed activities are part of the qualitative research process. After an initial analysis of the territory, a case study was identified in the district of San Salvatore di Cogorno. In this territorial context, the focus of the study was the Villaggio del Ragazzo and the urban area adjacent to the Entella

User personas

Le *User Personas* sono profili ideali e immaginari, creati sulla base delle interviste, che rappresentano un particolare gruppo di utenti che potrebbe beneficiare dei dimostratori. Definire le caratteristiche delle *user personas* offre diversi vantaggi, tra cui comprendere i loro bisogni, timori e obiettivi (O'Grady and O'Grady, 2017).

1) Le *user personas* non sono create sulla base di ipotesi o pregiudizi, ma derivano da un lavoro di ricerca preliminare, svolto mediante raccolta di dati qualitativi e quantitativi.
2) Questo metodo parte dall'osservazione di utenti reali nel loro contesto e aiuta a creare empatia, comprendendo meglio dati demografici, comportamenti, bisogni e desideri di un pubblico *target*. Le *personas* sintetizzano le informazioni raccolte ascoltando utenti reali in un contesto reale.
3) Il coinvolgimento degli utenti finali è altamente illustrativo e mira, in una seconda fase, a favorire un processo di co-design per l'adozione dei dimostratori per migliorare l'accessibilità e le interazioni cittadino-città e cittadino-cittadino. Le *user personas* comprendono un'immagine del personaggio, un nome, una breve biografia o informazioni sul *background*, i loro obiettivi o una citazione che esprime la loro visione, e altre informazioni rilevanti per lo scopo della ricerca (esperienze precedenti o disabilità fisiche).

Journey map

Se le *User Personas* servono a concettualizzare e comunicare dati demografici ed etnografici difficili da spiegare agli altri portatori di interesse, la *Journey Map* (Fig. 2) descrive l'esperienza delle *personas* nel contesto urbano, in particolare nella città a 15 minuti. Questo collegamento alla fruizione di una parte specifica del contesto rappresenta il passaggio metodologico fondamentale dai problemi generici ai bisogni specifici, che hanno punti di contatto (*touchpoints*) in un percorso reale (O'Grady and O'Grady, 2017). Una *Journey Map* rappresenta sinteticamente i passaggi compiuti dagli utenti in un contesto per raggiungere un obiettivo (acquisti, tempo libero, ecc.). Rende visibili gli elementi rilevati nella ricerca sul campo e permette di visualizzare rapidamente una serie di processi che altrimenti dovrebbero essere analizzati singolarmente. Questo approccio aiuta a inquadrare i problemi individuali nel contesto reale e a far emergere aspetti meno espliciti. La mappa aiuta a definire e comunicare:

– Contesto: parte dalle aree di interesse e pone gli utenti al centro descrivendo tutte le interazioni sulla mappa per raggiungere i loro obiettivi o seguendo un percorso. Include elementi positivi e negativi dell'esperienza utente.
– Processo centrato sulle *personas*: descrive esperienze personali nella situazione attuale e in quella futura (previsioni, bisogni, ambizioni).
– *Touchpoints*: elenca ogni azione o passaggio per identificare tutti i canali e punti di contatto tra contesto e utente, con focus sullo stato dell'ambiente urbano e capacità personali che influenzano il benessere.

Experience Map

Se la *Journey Map* descrive passo per passo l'esperienza nel contesto di una user persona, la *User Experience Map* (*UX map*) (O'Grady and O'Grady, 2017) (Fig. 3) sintetizza il prodotto della ricerca: qualitativa, quantitativa, condotta tramite interviste,

River, examining the 15-minute walking zone around the school complex. The central position of the facility in the social context of the area pertains not only to the educational offerings – from primary education to vocational training and the presence of the University – but also to the various sports and cultural activities that can be conducted both indoors and outdoors. Following an on-site day for preliminary socio-spatial analyses with sample interviews, seven analytical themes were identified based on the characteristics of the area and the elements of interest for defining the transfer scenarios: sports spaces and fields, the Ardesia Cycle Path and Urban Mobility, historical-cultural itineraries, commercial and work spaces, green spaces, daily services, and neighbourhood services.

User research activity

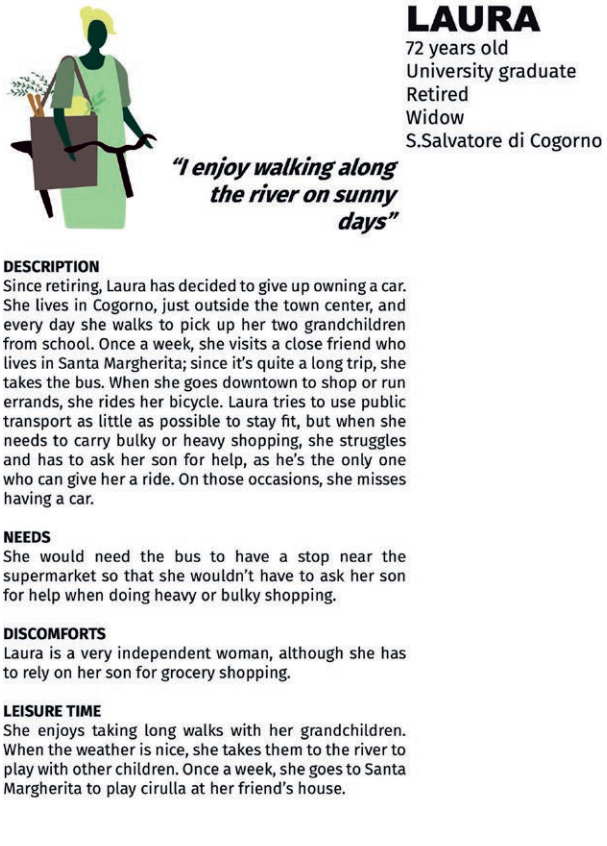
In May 2023, a living lab (LiCalab, 2022) was established at the Villaggio del Ragazzo premises to conduct six focus groups, each structured around an identified thematic area. These sessions were organised with participants from economic activities and associations interested in the topic, and each focus group included at least one Public Administration official as a primary stakeholder. A total of 36 participants were involved across the six thematic focus groups, which were attended by 64 external observers. This phase was dedicated to identifying needs at both the individual level, through semi-structured interviews, and the collective level. The semi-structured interview framework consisted of four parts, precisely personal information, a typical day, the relationship with the 15-minute city, and the relationship with Villaggio del Ragazzo. During this phase, a direct question was posed regarding the possibility of incorporating technological tools to enhance comfort or safety in relation to the interviewee's experience of the 15-minute city, with the aim of identifying expectations or potential issues.

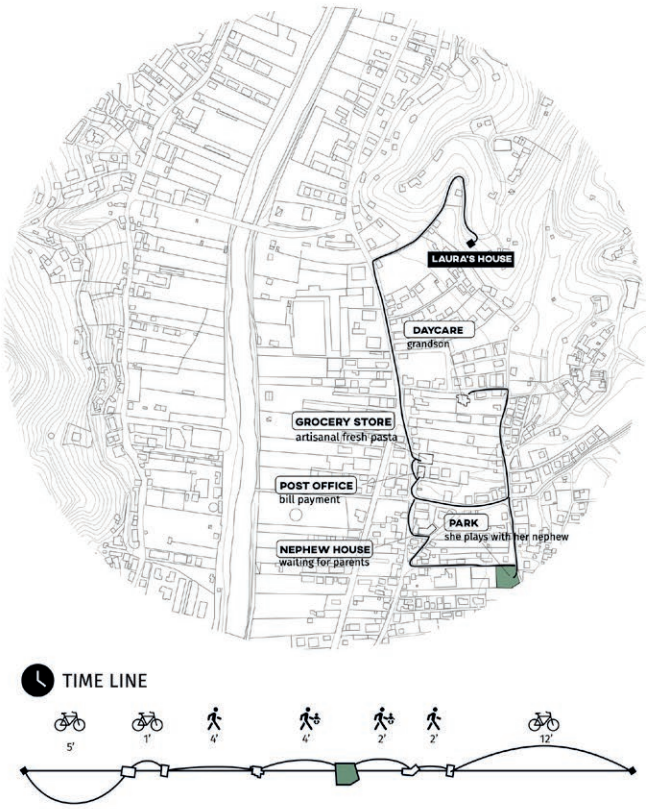
Engaging the end users served as the starting point for creating 36 user personas O'Grady and O'Grady, 2017), Journey Map and Empathy Map (Curedale, 2019), capturing real needs through a collaborative (Digital Cooperation, 2019) research and development process that actively involved the end users.

User personas

User Personas are idealised, fictional profiles created based on interviews that represent a specific group of users who could benefit from the demonstrators. Defining the characteristics of user personas offers several advantages, including a better understanding of their needs, fears, and goals (O'Grady and O'Grady, 2017).

1. User personas are not created based on assumptions or biases; rather, they result from a preliminary research process conducted through the collection of qualitative and quantitative data.
2. This method is rooted in observing real users in their context, helping to foster empathy by providing a clearer understanding of the demographic characteristics, behaviours, needs, and desires of a target audience. The personas synthesise the information gathered by listening to real users in a real environment.
3. The engagement of end users is highly illustrative and aims, in a subsequent phase, to facilitate a





co-design process for the adoption of the demonstrators to improve accessibility and interactions between citizens and the city, as well as among citizens themselves. User personas include a visual representation of the character, a name, a brief biography or background information, their objectives or a quote expressing their vision, and other relevant details for the research purpose (such as previous experiences or physical disabilities).

Journey map

If User Personas serve to conceptualise and communicate demographic and ethnographic data that are difficult to convey to other stakeholders, the Journey Map (Fig. 2) describes the experience of these personas within the urban context, particularly in the 15-minute city. This link to the utilisation of a specific part of the context represents the fundamental methodological shift from generic problems to specific needs, which manifest as touchpoints along a real pathway (O'Grady and O'Grady, 2017). A Journey Map succinctly represents the steps that users take in a given context to achieve a goal (e.g., shopping, leisure, etc.). It makes the elements identified during field research visible, and allows for the rapid visualisation of a series of processes that would otherwise need to be individually analysed. This approach helps frame individual issues within the real context, and brings out less explicit aspects. The map helps to define and communicate:

- Context: It starts from the areas of interest and places users at the centre by describing all interactions required to achieve their objectives or follow a path, including both positive and negative aspects of the user experience.
- Persona-Centred Process: It describes personal experiences in the current situation and in future scenarios (predictions, needs, ambitions).
- Touchpoints: It lists every action or step to identify all channels and contact points between the context and the user, with a focus on the state of the urban environment and personal capabilities that influence well-being.

Experience Map

If the Journey Map details step-by-step the experience of a user persona within a given context, the User Experience Map (UX map) (O'Grady and O'Grady, 2017) (Fig. 3) synthesises the outcome of the research – both qualitative and quantitative – conducted through interviews, questionnaires, and ethnographic observations. The Empathy Map Canvas (LiCalab, 2022) was used to identify the behaviour of the stakeholders involved in field research, a collaborative tool that empathetically explores user profiles.

The map is presented as a large canvas divided into six areas, with a user's profile at the centre. The sections of the Empathy Map include (Curedale, 2019):

- Thinks and Feels: What the individual thinks, feels, or fears regarding the object/service.
- Hears: How the product/service is perceived through the opinions of others.
- Sees: What stands out about the product/service in its context.
- Says and Does: Key phrases related to the experience.
- Pains: Frustrations and difficulties.

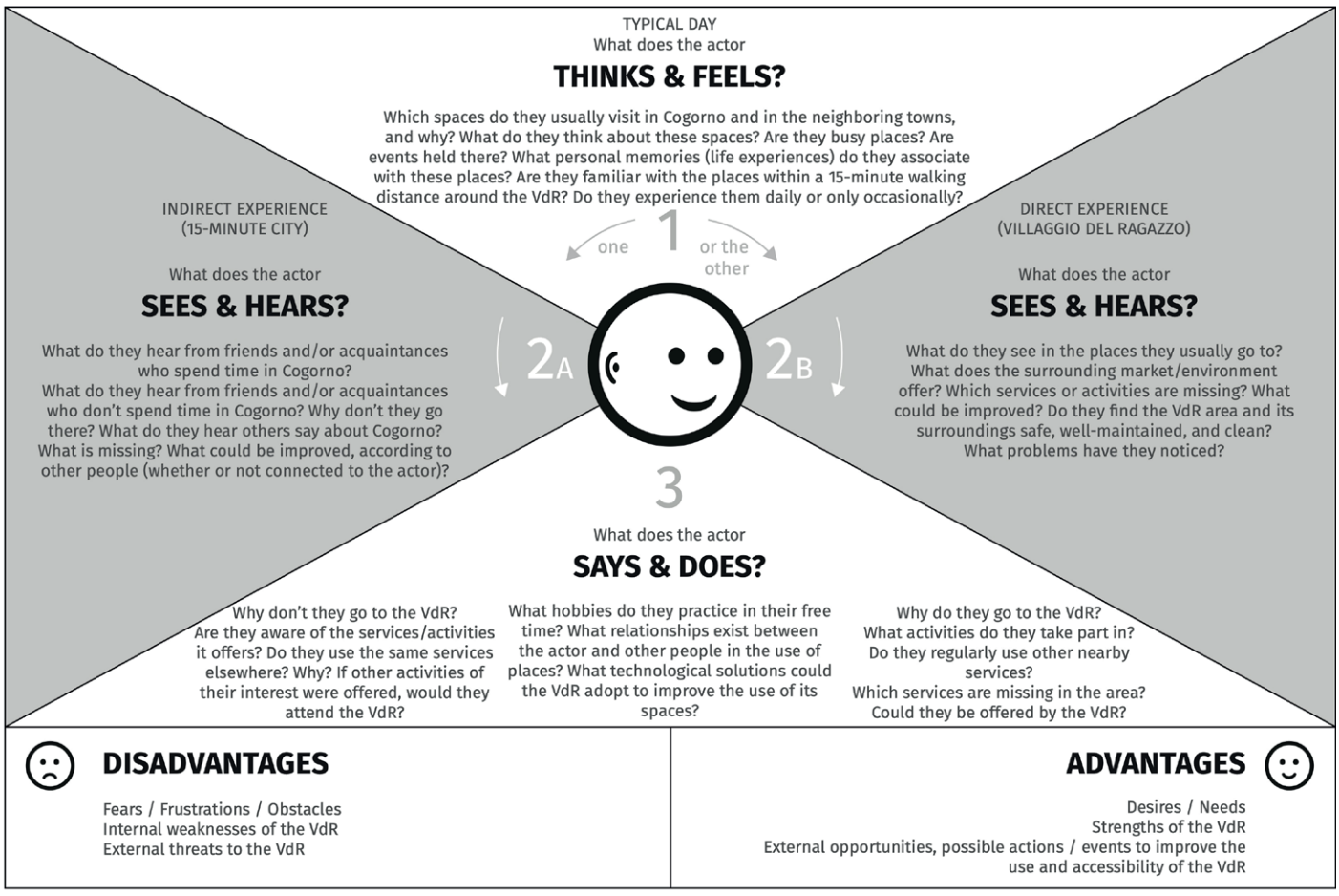
03 | *User Experience Map* declinata rispetto al caso studio
User Experience Map tailored to the case study

questionari e osservazioni etnografiche. Per identificare il comportamento degli *stakeholder* coinvolti nella ricerca sul campo, è stato utilizzato lo strumento *Empathy Map Canvas* (LiCalab, 2022): un *tool* collaborativo che esplora empaticamente i profili utente.
La mappa si presenta come una grande *canvas* divisa in 6 aree, con il profilo di una persona al centro. Le sezioni della *Empathy Map* includono (Curedale, 2019):

- Pensa e sente: cosa pensa, sente o teme riguardo l'oggetto/servizio.
- Ascolta: come percepisce il prodotto/servizio attraverso opinioni di altri.
- Vede: cosa lo colpisce del prodotto/servizio nel contesto.
- Dice e fa: frasi principali legate all'esperienza.
- Disagi: frustrazioni e disagi.
- Vantaggi: ciò che rende felice l'intervistato.

Swot analysis
L'analisi SWOT (*Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats*) è uno strumento strategico per valutare l'ambiente interno ed esterno di un progetto. Nel design, consente di esaminare fattori critici di successo, pianificare strategie efficaci e mitigare i rischi. Durante il lavoro al Villaggio del Ragazzo, l'analisi SWOT è stata realizzata sia nella fase di intervista individuale, che durante la discussione nei tavoli tematici, per ottenere un debriefing collettivo e identificare punti di accordo sui temi principali. Questa analisi ha permesso di individuare punti di forza, debolezze, opportunità e minacce legate al progetto, facilitando il dialogo tra utenti, ricercatori e Pubblica Amministrazione.

Co-progettazione con AI In seguito alle fasi descritte in precedenza si è proceduto con un'attività di co-progettazione di soluzioni tecnologiche con gli utenti con il supporto di *software* di AI generativa. L'utilizzo di



04 | Immagini tratte dall' attività di co-design
Images derived from the co-design activity

strumenti di AI generativa è utile per creare delle visualizzazioni in cui i cittadini possono riconoscersi e dar forma concretamente alle proprie idee al pari di progettisti esperti. I recenti *software* di AI si inseriscono come potente strumento nelle fasi di progettazione con gli *end user* e gli *stakeholder*. Questo processo consente di dare rappresentazione ai dati qualitativi relativi a pensieri, emozioni, sentimenti degli utenti, fornendo a progettisti, *stakeholder* e PA elementi su cui basare le scelte di progetto. Il processo punta, quindi, a valorizzare il ruolo di progettista sia come facilitatore della complessa interazione tra PA e cittadini (Crawford and Goldsmith, 2014) sia come intermediario tra utenti e tecnologia. L'identificazione dei ruoli in questo processo metodologico assume oggi importanza in quanto l'integrazione di queste tecnologie permetterà ai progettisti di acquisire *skill* sempre più strategiche (Dang *et al*., 2022).
Di seguito viene descritta nello specifico la metodologia della sperimentazione che è stata condotta nel gennaio 2025 con un *focus group* di *stakeholder*. La prima fase dell'attività ha previsto una presentazione dell'Atlas realizzato all'avvio del progetto RAISE, contenente 60 casi studio sull'utilizzo delle tecnologie in ambito urbano per il monitoraggio e l'*engagement* attivo dei cittadini. La disponibilità di una collezione di casi studio reali ha permesso, oltre all'identificazione di uno stato dell'arte per i ricercatori, di istruire i cittadini sulle possibilità offerte dalle tecnologie inclusive nelle *smart city* e, quindi, di poterne immaginare applicazioni possibili. Una volta condivisi i casi studio con il *focus group* si è passati alla sperimentazione individuale: ciascun utente è stato accolto in una postazione in cui erano presenti un *prompt designer* e un moderatore che ha realizzato un'intervista semi strutturata. Ciascun partecipante ha identificato il tragitto che compie quotidianamente e relativo a una delle sette tematiche, definendo come la tecnologia potrebbe essere utilizzata per facilitare e migliorare qualitativamente la fruizione dell'ambito urbano (Verano Merino and Sáenz, 2023). Mentre l'utente, opportunamente guidato dal moderatore, identificava le possibili caratteristiche di un utilizzo della tecnologia in ambito urbano declinata sullo scenario specifico della sua esperienza, il *prompt designer*, con l'aiuto dell'AI generativa (Midjourney), ha realizzato una rappresentazione speculativa basata sulla descrizione astratta dell'utente. Considerando che la generazione di immagini è stata svolta in tempo reale, si è previsto l'utilizzo di ulteriori *software* di intelligenza artificiale generativa *text-to-text* (ChatGPT) per migliorare il *prompt* (Shou *et al*., 2024). Una volta ottenuto un risultato coerente, la rappresentazione speculativa del progetto viene mostrata all'utente per passare a una fase di affinamento congiunto (Fig. 4). In questa fase è emersa l'importanza del prompt designer, il quale combina competenze tecniche nell'uso del *software* con il *know-how* specifico per prevenire il rischio di generare aspettative insoddisfacenti nell'utente. Gli *output* della sperimentazione sono articolati sotto forma di schede comprendenti la stesura riassuntiva dell'intervista, il *prompt* sottoposto al *software* di AI, le immagini intermedie e l'immagine finale realizzata. Il materiale realizzato costituisce un esempio di come gli small data relativi alla sfera esperienziale ed emozionale possono essere forniti alle PA e rappresentare un resoconto sui dati qualitativi degli utenti.

| 04

– Gains: What makes the interviewee happy.

Swot analysis
The SWOT analysis (Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats) is a strategic tool used to assess a project's internal and external environment. In design, it enables the examination of critical success factors, the planning of effective strategies, and risk mitigation. During the work at Villaggio del Ragazzo, the SWOT analysis was carried out both during individual interviews and in thematic group discussions to achieve a collective debriefing and identify points of consensus on the main themes. This analysis facilitated the identification of the project's strengths, weaknesses, opportunities, and threats, fostering dialogue among users, researchers, and Public Administration.

Co-design with AI
Following the previously described phases, a co-design activity for technological solutions was conducted with users, supported by generative AI software. The use of generative AI tools is valuable for creating visualisations in which citizens can see themselves and concretely shape their ideas on par with expert designers. Recent AI software has proven to be a powerful tool during the design phases with end users and stakeholders. This process enables the representation of qualitative data – such as users' thoughts, emotions, and feelings – providing designers, stakeholders, and Public Administration with elements on which to base project decisions. The process, therefore, aims to enhance the role of the designer both as a facilitator of the complex interaction between Public Administration and citizens (Craw-

Prospettive della ricerca Il progetto struttura una strategia di mappatura di dati qualitativi e quantitativi per individuare criticità e opportunità nella fruizione di spazi al fine di introdurre tecnologie inclusive per il miglioramento dell'ambiente urbano. L'obiettivo è fornire una metodologia scalabile e replicabile, e in tal senso il processo individuato per l'integrazione di valutazioni quantitative e qualitative può essere ulteriormente implementata con strumenti generativi. A partire dalla definizione delle priorità di intervento e dei bisogni degli utenti *target* valutati attraverso gli indicatori all'interno della *Urban Dashboard,* il sistema può essere integrato con strumenti generativi e addestrato sulla base del contesto specifico e dei dati del *Multi Deprivation Index*. L'obiettivo è sviluppare un sistema in grado di gestire la complessità dei fattori e proporre soluzioni progettuali ottimali, rappresentando visivamente possibili interventi per migliorare i parametri negativi e incrementare quindi lo *scoring* complessivo per supportare progettisti, amministrazioni pubbliche e cittadini nell'individuare le azioni prioritarie per superare i *gap* rilevati.
Questa integrazione può rappresentare uno strumento di guida per i processi di partecipazione qualitativa, orientando la progettazione verso obiettivi misurabili. Inoltre, la pubblica amministrazione può avvalersi di uno strumento valutativo integrato, capace di generare proposte progettuali già valutate in funzione degli indici di riferimento.
La metodologia proposta integra quindi l'attività di valutazione con l'attività di co-design, attraverso un processo di trasferimento tecnologico dove l'Università ha un ruolo di interlocutore tra *stakeholders* per l'implementazione degli strumenti all'interno dell'attività di governance urbana, promuovendo un approccio inclusivo (Souter and van der Spuy, 2019) e partecipativo, fondamentale per il miglioramento socio-economico delle comunità urbane (UN High-Level Panel on Digital Cooperation, 2019).

ACKNOWLEDGEMENT

Funded by the European Union – NextGenerationEU and by the Ministry of University and Research (MUR), National Recovery and Resilience Plan (NRRP), Mission 4, Component 2, Investment 1.5, project "RAISE – Robotics and AI for Socio-economic Empowerment" (ECS00000035). All Authors are part of RAISE Innovation Ecosystem.

NOTE

[1] Il *framework* è stato sviluppato attraverso un processo consultivo globale tra il 2017 e il 2018, con il contributo di 66 Stati membri e più di 2000 esperti.

[2] Si fa riferimento alla piattaforma presente al link https://bandaultralarga.italia.it/mappa/ e sviluppata all'interno del Piano Strategico Banda Ultralarga che mira a sviluppare un'infrastruttura pubblica allineata agli obiettivi dell'Agenda Digitale Europea.

REFERENCES

Bruzzone, M. (2024), "Digital city & urban dashboard", *GUD*, Vol. 10, pp. 112-119. Available at: https://www.stefanotermanieditore.it/portale/gud-design-2/gud10-02_2024-interattive-interactive/ (Accessed on 02/05/2025).

Canessa, N. V. (2024), "Genoa and Barcelona. Urban transformation and participation", *TECHNE – Journal of Technology for Architecture and Environment*, Vol. 28, pp. 112–121. Available at https://doi.org/10.36253/techne-15822 (Accessed on 10/02/2025).

ford and Goldsmith, 2014), and as an intermediary between users and technology. Identifying roles within this methodological process is particularly important today, as integrating these technologies will allow designers to acquire increasingly strategic skills (Dang *et al*., 2022).
Below is a detailed description of the experimental methodology conducted in January 2025 with a stakeholder focus group. The first phase involved a presentation of the Atlas developed at the start of the RAISE project, which contained 60 case studies on the use of technologies in urban contexts for monitoring and active citizen engagement. The availability of a collection of real case studies not only allowed researchers to identify the state of the art but also served to educate citizens about the possibilities offered by inclusive technologies in smart cities, enabling them to envision possible applications. Once the case studies were shared with the focus group, the process moved to individual experimentation. Each user was seated at a station where a prompt designer and a moderator were present, with the moderator conducting a semi-structured interview. Each participant identified the route they take daily, corresponding to one of the seven thematic areas, and described how technology could be used to facilitate and qualitatively enhance their urban experience (Verano Merino and Sáenz, 2023). While the user, appropriately guided by the moderator, identified the potential characteristics of using technology in an urban scenario specific to their experience, the prompt designer, with the assistance of generative AI (Midjourney), produced a speculative representation based on the user's abstract description. Given that the image generation was carried out in real time, additional text-to-text generative AI software (ChatGPT) was employed to refine the prompt (Shou *et al*., 2024). Once a coherent result was achieved, the speculative representation of the project was shown to the user, moving on to a joint refinement phase (Fig. 4). During this phase, the importance of the prompt designer emerged, as they combined technical proficiency in using the software with the specific domain expertise needed to prevent the risk of generating unsatisfactory expectations in the user. The outputs of the experimentation are organised in datasheets that include a summarised transcription of the interview, the prompt submitted to the AI software, the intermediate images, and the final generated image. The material produced serves as an example of how small data related to the experiential and emotional sphere can be provided to Public Administration as a report on users' qualitative data.

Research perspectives
The project establishes a strategy for mapping qualitative and quantitative data to identify critical issues and opportunities in the utilisation of spaces in order to introduce inclusive technologies for urban improvement. The objective is to provide a scalable and replicable methodology. In this regard, the process identified for integrating quantitative and qualitative evaluations can be further implemented with generative tools. Based on the definition of intervention priorities and the needs of target users – assessed through indicators within the Urban Dashboard – the system can be integrated with generative tools and trained based on

Crawford, S. and Goldsmith, S. (2014), *The responsive city. Engaging Communities Through Data-Smart Governance*, Jossey-Bass, San Francisco.

Curedale, R. (2019), *Empathy Maps: Step-by-step Guide*, Design Community College Inc., Los Angeles.

Dang, H., Mecke, L., Lehmann, F., Goller, S. and Buschek, D. (2022), "How to prompt? Opportunities and challenges of zero-and few-shot learning for human-AI interaction in creative applications of generative models", *CHI'22 Workshops*, *New Orleans, LA, May 10, 2022*. Available at: https://arxiv.org/pdf/2209.01390 (Accessed on 03/02/2025).

Dameri, R.P. and Bruzzone, M. (2024), "A Bidirectional Research Method to design a Smart City Evaluation System", *Proceedings of the 23rd European Conference on Research Methodology for Business and Management Studies*, Vol. 23, n. 1, pp. 43-50. Available at https://doi.org/10.34190/ecrm.23.1.2405 (Accessed on 10/02/2025).

De Filippi, F. and Coscia, C. (2024), "Citizens' engagement in the governance of urban common goods through digital tools", *TECHNE – Journal of Technology for Architecture and Environment*, 28, pp. 260–269. Available at https://doi.org/10.36253/techne-15845 (Accessed on 10/02/2025).

García Robles, A., Hirvikoski, T., Schuurman, D. and Stokes, L. (Eds.) (2015), *Introducing ENoLL and its Living Lab community*, ENoLL, Brussels. Available at https://enoll.org/wp-content/uploads/2024/06/introducing-enoll-and-its-living-lab-community.pdf (Accessed on 02/05/2025).

Gausa, M. (2019), "Mapping (in) the New Time. New Analytical-Synthetic Representations for the New n-City and its Multi-Territories", *diségno*, Vol. 1, n. 5, pp. 143–156. Available at https://disegno.unioneitalianadisegno.it/index.php/disegno/article/view/142 (Accessed on 02/05/2025).

LiCalab (2022), *Establishing a Sustainable Living Lab*, Thomas More – LiCalab, Living and Care lab, Brussels. Available at https://thomasmore.be/en/exp-zw/l/how-establish-sustainable-living-lab (Accessed on 02/05/2025).

Magliocco, A. and Canepa, M. (2022), "Governance dashboards. Monitoring of key performance and aggregate indicators", *Agathón International Journal of Architecture, Art and Design*, No .12, pp. 36-45. Available at doi.org/10.19229/2464-9309/1232022 (Accessed on 10/02/2025).

O'Grady, V., O'Grady, J. (2017), *A Designer' s Research Manual, Succeed in design by knowing your clients and understanding what they really need*, Rockport Publisher, Dover.

Shou, Y., Zhang, X., Wang, C., Shen, A., Fan, H., Cai, R., Yin, Y., Zhou, J., Chai, C. and Sun, S. (2024), "Design Education in Human-AI Co-Creation: A Qualitative Analysis of Using Image Generative Models in Conceptual Design", *2024 17th International Symposium on Computational Intelligence and Design (ISCID)*, *Hangzhou, December 14-15, 2024*, IEEE, pp. 23-27. Available at: http://doi.org/10.1109/ISCID63852.2024.00014 (Accessed on 30/06/2025).

Souter, D. and van der Spuy, A. (2019), *UNESCO' S Internet Universality Indicators: A Framework for Assessing Internet Development*, United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, Paris. Available at: https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000367617 (Accessed on 10/02/2025).

Turillazzi, B., Boeri, A., Boulanger , S. O. M., Sabatini, F. and Trippa, C. (2024) "Public resources and communities: the role of the university in ecological transition", *TECHNE – Journal of Technology for Architecture and Environment*, Vol. 28, pp. 152–158. Available at https://doi.org/10.36253/techne-15866 (Accessed on 10/02/2025).

UN High-Level Panel on Digital Cooperation (2019), *The age of digital interdependence: report of the UN Sectretary-General's High-leve Panel on Digital Cooperation*. Available at: https://digitallibrary.un.org/record/3865925?v=pdf (Accessed on 10/02/2025).

Verano Merino, M. and Sáenz, J. P. (2023), "The Art of Creating Code-Based Artworks", *Extended Abstracts of the 2023 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, article n.271. Available at: https://doi.org/10.1145/3544549.3585743 (Accessed on 29/06/2025).

the specific context and Multi Deprivation Index data. The aim is to develop a system capable of managing the complexity of various factors and of proposing optimal design solutions by visually representing potential interventions to improve negative parameters and thereby increase the overall score. This supports designers, public administrations, and citizens in identifying priority actions to bridge the detected gaps. Such integration can serve as a guiding tool for qualitative participation processes, steering design efforts toward measurable objectives. Moreover, public administrations can leverage an integrated evaluation tool capable of generating design proposals already assessed according to the reference indices. Thus, the proposed methodology integrates evaluation activities with co-design processes through a technological transfer process in which the University acts as an interlocutor among stakeholders for the implementation of the tools within urban governance, promoting an inclusive and participatory approach (Souter and van der Spuy, 2019) that is essential for the socio-economic improvement of urban communities (Digital Cooperation, 2019).

NOTES

[1]The framework was developed through a global consultative process between 2017 and 2018, involving 66 member states, as well as more than 2000 experts.

[2] This refers to the platform available at https://bandaultralarga.italia.it/mappa/, developed as part of the Strategic Ultra-Broadband Plan, which aims to create a public infrastructure aligned with the objectives of the European Digital Agenda.

Governance urbana e innovazione scientifica: modelli collaborativi per la transizione climatica

Just Accepted: May 26, 2025 **Published:** November 06, 2025

Saveria Olga Murielle Boulanger, https://orcid.org/0000-0003-2147-3192 saveria.boulanger@unibo.it
Danila Longo, https://orcid.org/0000-0002-7516-7556 danila.longo@unibo.it
Beatrice Turillazzi, https://orcid.org/0000-0001-5864-2055 beatrice.turillazzi@unibo.it
Dipartimento di Architettura, Alma Mater Studiorum Università di Bologna, Italia

Abstract. Il trasferimento della conoscenza tra università e società civile è cruciale per affrontare le sfide della transizione climatica. Questo contributo esplora come municipalità e università possano essere co-produttori di innovazione, integrandosi in processi di ricerca e decisionali collaborativi, che rendano la ricerca un supporto diretto alle decisioni politiche e ad una concertazione costante nelle azioni sul territorio. Nel contesto di crescente urgenza climatica è essenziale un approccio sistemico, multilivello e collaborativo alla governance urbana. L'articolo presenta i risultati e le riflessioni del progetto europeo Let's GOv, che supporta nove municipalità italiane aderenti alla *Mission* "100 Climate Neutral and Smart Cities" nell'accelerazione verso la neutralità climatica.

Parole chiave: Governance urbana; Transizione climatica; Trasferimento della conoscenza; Modelli collaborativi; Approccio multi-attoriale.

Introduzione

Il trasferimento di conoscenza tra università e società civile è cruciale per affrontare la transizione climatica, soprattutto nell'attuale contesto di policrisi (Bremmer, 2022). Il sesto rapporto IPCC evidenzia l'urgenza di un approccio collaborativo alla governance urbana, poiché eventi estremi come ondate di calore, siccità e inondazioni diventano sempre più frequenti. In questo scenario complesso, la società contemporanea sembra dividersi tra due tendenze opposte. Da un lato, si osserva un progressivo restringimento dei confini collaborativi tra attori sociali e istituzioni, evidenziato da ricerche che mettono in luce l'emergere di processi decisionali sempre più centralizzati e frammentati (Gupta *et al*., 2020; Cheung and Fuller, 2022). Dall'altro lato, l'urgenza della crisi climatica impone un ripensamento radicale delle dinamiche urbane, poiché gli impatti del cambiamento climatico continuano a intensificarsi, aggravando le disuguaglianze tra regioni e gruppi a basso reddito (IPCC, 2023).

Un approccio multilivello e multi-attoriale risulta fondamentale per colmare questi divari (United Nations – Department of Economic and Social Affairs, 2024). L'adozione di strategie che coinvolgono governi a livello nazionale, regionale e locale, insieme ad attori privati e della società civile, è indispensabile per ottimizzare sinergie e garantire un'azione climatica coerente e inclusiva, in cui l'integrazione dell'equità nei meccanismi di governance rappresenta un elemento chiave per una risposta sostenibile e duratura.

In questo contesto, l'università può essere parte integrante dell'evoluzione, fungendo da centro di trasferimento della conoscenza e da partner attivo nei processi decisionali, in supporto alle realtà locali. Studi sul modello della Quadrupla e Quintupla Elica (Carayannis *et al*., 2012; Deakin, 2014; Crumpton *et al*., 2021) evidenziano il ruolo paritetico dell'università rispetto agli enti pubblici e alle imprese. Ricerche come i progetti GRETA (GA101022317) e Let's GOv (GA101036519) supportano le municipalità italiane nella *Mission* "100 Climate Neutral and Smart Cities", dimostrando come le città possano evolvere da destinatari passivi a co-produttori di innovazione attraverso processi di ricerca e decisione collaborativi. Il contributo si articola in cinque sezioni: revisione della letteratura, descrizione delle metodologie adottate, riflessioni sui *Climate City Contract* e sugli *Energy Citizenship Contracts* del progetto GRETA, analisi dell'approccio del progetto Let's GOv e discussione sugli sviluppi futuri.

Urban governance and scientific innovation: collaborative models for climate transition

Abstract. The transfer of knowledge between universities and civil society is crucial in addressing the challenges of climate transition. This paper explores how municipalities and universities can act as co-producers of innovation, engaging in collaborative research and decision-making processes that directly support policy decisions and ensure continuous coordination of territorial actions. Given the increasing urgency of the climate crisis, a systemic, multi-level, and collaborative approach to urban governance is essential. The paper presents findings and reflections from the European project Let's GOv, which supports nine Italian municipalities participating in the 100 Climate Neutral and Smart Cities Mission in accelerating their transition to climate neutrality.

Keywords: Urban governance; Climate transition; Knowledge transfer; Collaborative models; Multi-stakeholder approach.

Introduction

Knowledge transfer between universities and civil society is crucial for addressing the climate transition, particularly in the current context of polycrisis (Bremmer, 2022). The Sixth IPCC Report underscores the urgency of a collaborative approach to urban governance, as extreme events such as heatwaves, droughts, and floods become increasingly frequent. Within this complex scenario, contemporary society appears to be polarised between two opposing trends. Research highlights a growing contraction of collaborative boundaries between social actors and institutions, driven by increasingly centralised and fragmented decision-making processes (Cheung and Fuller, 2022; Gupta *et al*., 2020). Moreover, the urgency of the climate crisis requires a fundamental rethinking of urban dynamics, as climate change impacts intensify, exacerbating inequalities among regions and low-income groups (IPCC, 2023).

A multi-level and multi-actor approach is essential to bridge these gaps (United Nations – Department of Economic and Social Affairs, 2024). The adoption of strategies involving national, regional, and local governments, alongside private and civil society actors, is critical to optimising synergies and to ensuring a coherent and inclusive climate action framework. In this context, integrating equity into governance mechanisms is a key component of a sustainable and long-term response.

Universities can play an essential role in this transition, acting as knowledge transfer hubs and active partners in decision-making processes, supporting local stakeholders. Studies on

ISSN online: 2239-0243 | © 2025 Author(s) | http://www.fupress.com/techne | DOI: 10.36253/techne-17395
Open access, peer-reviewed article published by Firenze University Press (https://www.fupress.com) and distributed, except where otherwise noted, under the terms of the CC BY 4.0 License for content and CC0 1.0 Universal for metadata

Le sfide della governance multilivello e multiattoriale per la neutralità climatica

Il termine *governance* urbana emerge a partire dagli anni Sessanta per fornire un quadro teorico e rappresentativo delle relazioni tra enti territoriali (Dahl, R. A, 1961; Galaskiewicz, J., 1985; da Cruz, Rode and McQuarrie, 2019). Alcuni autori (da Cruz, Rode and McQuarrie, 2019) sottolineano come l'evoluzione rapida del tema non abbia ancora portato a una stabilizzazione teorica. La governance urbana è definita come l'insieme delle interazioni tra attori su diversi livelli di governo, istituzioni e organizzazioni coinvolti nei processi politici e decisionali urbani. L'emergere del cambiamento climatico ha ulteriormente accelerato questa evoluzione, vista la sua natura sfidante. Gli obiettivi degli Accordi di Parigi e degli SDGs richiedono alleanze trasversali, capaci di unire azioni e risorse.

Nel contesto della transizione climatica, il termine *governance* assume molteplici significati, riflettendo la complessità delle dinamiche di potere e delle interazioni tra attori e strutture decisionali. È essenziale il coordinamento tra i vari livelli di governo (locale, regionale, nazionale e internazionale) e l'inclusione di una vasta gamma di attori, quali enti territoriali, settore privato, società civile, comunità locali, enti di ricerca e organizzazioni internazionali (Castán Broto and Westman, 2020; Cheung and Fuller, 2022). Tuttavia, spesso sono le singole città a farsi promotrici di pratiche di governance condivisa, più che i livelli nazionali (Gupta, Bansal and Rosencranz, 2020). Non è un caso che le reti urbane (*Transnational Municipal Networks* – TMNs) in tutto il mondo stiano crescendo, mostrando uno spostamento verso l'attivismo subnazionale. Questo aspetto è confermato dalla diffusione di queste reti (C*ovenant of Mayors, Green City Accord, Mission* "100 Climate Neutral Cities") e, specialmente su assi critici come il cambiamento climatico, sembra fornire una risposta concreta alla necessità di supporto mutuo e trasversale. Stehle *et al.* (Stehle *et al*., 2022) evidenziano come queste reti facilitino la governance orizzontale e verticale, permettendo ai governi locali di accedere a risorse e conoscenze a livello globale.

In questo contesto, l'università assume un ruolo fondamentale di supporto alla transizione climatica. La letteratura identifica tre ruoli principali che l'università può ricoprire. Il primo, evidente, è quello didattico: trasferire conoscenze e diffondere una cultura della sostenibilità (Reimers, 2021; Tewari *et al*., 2023). Il secondo riguarda la necessità di aprirsi a collaborazioni istituzionali più ampie e organiche, andando oltre le relazioni con singoli gruppi di ricerca per creare sinergie più strutturate (Ruiz-Mallén and Heras, 2020; Hegger, Mees and Wamsler, 2022; Yazar, 2023; Bookbinder, Mdee and Roelich, 2024). Un terzo aspetto cruciale è il ruolo attivo dell'università come istituzione territoriale: non solo contribuendo alla riduzione delle emissioni di gas serra e promuovendo sistemi a zero emissioni, ma anche integrando aspetti operativi e gestionali legati al proprio patrimonio immobiliare. L'integrazione, inoltre, degli SDGs nei *curricula* universitari diventa uno strumento essenziale per sensibilizzare gli studenti e stimolare azioni concrete contro il cambiamento climatico (Sen *et al*., 2022). Infine, le università hanno un ruolo sempre più centrale nella gestione di progetti competitivi di ricerca, che stanno diventando un pilastro fondamentale per l'innovazione e la risposta alle sfide ambientali (Palermo and Hernandez, 2020).

the Quadruple and Quintuple Helix models (Carayannis *et al*., 2012; Crumpton *et al*., 2021; Deakin, 2014) emphasise the university's equal role alongside public institutions and private enterprises. Research projects such as GRETA and Let's GOv support Italian municipalities in the "100 Climate Neutral and Smart Cities" Mission, demonstrating how cities can evolve from passive recipients to co-producers of innovation through collaborative research and decision-making processes.

This paper is structured into five sections, namely literature review, methodological approach, analysis of Climate City Contracts and Energy Citizenship Contracts within the GRETA project, assessment of the Let's GOv project's approach, and discussion on future developments.

The challenges of multi-level and multi-actor governance for climate neutrality

The concept of urban governance emerged in the 1960s as a theoretical and representational framework for relationships between territorial entities (da Cruz *et al*., 2019; Dahl, 1961; Galaskiewicz, 1985). Some scholars (da Cruz *et al*., 2019) argue that the rapid evolution of this field has not yet led to theoretical stabilisation. Urban governance is defined as the set of interactions among actors at different levels of government, institutions, and organisations engaged in urban political and decision-making processes. The emergence of climate change has further accelerated this evolution, given its challenging nature. Achieving the Paris Agreement goals, and the Sustainable Development Goals (SDGs) requires cross-sectoral alliances capable of mobilising actions and resources.

In the context of the climate transition, governance takes on multiple meanings, reflecting the complexity of power dynamics and interactions between actors and decision-making structures. Effective coordination among different levels of government (local, regional, national, and international) and the inclusion of a broad range of stakeholders – territorial entities, the private sector, civil society, local communities, research institutions, and international organisations – are essential (Castán Broto and Westman, 2020; Cheung and Fuller, 2022). However, cities are often the primary drivers of shared governance practices, rather than national governments (Gupta *et al*., 2020). The global expansion of Transnational Municipal Networks (TMNs) indicates a shift toward subnational activism, with initiatives such as the Covenant of Mayors, Green City Accord, and the "100 Climate Neutral Cities" Mission demonstrating the increasing role of urban networks in tackling climate challenges. These networks provide a concrete response to the need for mutual and cross-sectoral support. Stehle *et al.* (2022) highlight that such networks facilitate both horizontal and vertical governance, enabling local governments to access resources and knowledge at a global scale.

In this context, universities play a critical role in supporting climate transition. The literature identifies three main functions that universities can fulfil. The first is the obvious educational one, which involves the transfer of knowledge and the promotion of a sustainability-oriented culture (Reimers, 2021; Tewari *et al*., 2023). The second concerns the need to foster

Metodologia e obiettivi

La ricerca si è basata su una metodologia qualitativa, adottando strategie parallele per indagare le complesse dinamiche della governance multilivello in relazione alla neutralità climatica e al ruolo delle università nel trasferimento tecnologico. In particolare, sono state implementate le seguenti attività metodologiche:

- è stato condotto un aggiornamento dello stato dell'arte sulla governance multilivello per la neutralità climatica e il ruolo delle università nel trasferimento tecnologico.
- è stato approfondito lo studio dei *Climate City Contracts* europei, confrontandoli con gli *Energy Citizenship Contracts* (GRETA).
- è stato sviluppato un framework metodologico – *bench learning* – per la co-costruzione di conoscenze tra università ed enti locali.

I casi studio sono stati selezionati sulla base del loro coinvolgimento diretto nella Missione europea "100 città climaticamente neutre e intelligenti", garantendo una rappresentatività in termini di distribuzione geografica, struttura istituzionale e livello di interazione con le università. L'analisi si è concentrata sulle nove città italiane selezionate per la Missione, affiancate da esempi provenienti da Spagna, Svezia e Grecia, scelti per la rilevanza dei loro modelli di governance e delle strategie partecipative adottate. Sebbene la valutazione dei risultati sia trattata nelle sezioni successive, l'approccio metodologico si è focalizzato principalmente sulla varietà delle pratiche di governance e dei meccanismi di trasferimento di conoscenze nei diversi contesti urbani e nazionali. Criterio preferenziale di analisi è stata la selezione di città con il *Climate City Contract* completato e consegnato alla Commissione Europea. L'obiettivo è stato quello di sistematizzare possibili linee strategiche per facilitare il trasferimento tecnologico e le collaborazioni tra comunità, enti locali e università in modo da rafforzare una governance urbana innovativa e integrata.

I Climate City Contracts e la Mission "100 Climate Neutral and Smart Cities" nel contesto della Quintupla Elica

Il "Climate City Contract" (CCC) è uno strumento recente, concepito per facilitare la transizione delle città verso la neutralità climatica. Formalizzato nella Missione Europea "*100 Climate Neutral and Smart Cities*", viene utilizzato per elaborare piani d'azione mirati all'accelerazione della neutralità climatica entro il 2030. Questo strumento deriva dalle esperienze dei network internazionali di città (TMNs), come il *Covenant of Mayors*, e altre iniziative simili (Kona *et al*., 2021; Salvia *et al*., 2021). Prime versioni di contratti climatici, che hanno ispirato il CCC della *Mission*, sono nate spontaneamente in Svezia e Spagna. Nel dicembre 2021, 23 città svedesi e cinque agenzie governative hanno firmato il primo *Klimatkontrakt 2030*, coinvolgendo *Viable Cities* come facilitatore. In Spagna, il progetto *citiES 2030* ha avviato un processo per trasformare le città, accelerando lo sviluppo di roadmap verso la neutralità climatica. Il progetto ha coinvolto otto città e si è articolato in tre fasi: garanzia del sostegno politico, definizione di impegni specifici e creazione di roadmap verso la decarbonizzazione, con il coinvolgimento di attori nazionali e regionali. Il CCC della *Mission* Europea ha integrato queste esperienze pionieristiche, proponendo uno strumento di governance collaborativo per aiutare le città a superare le barriere verso la neutralità climatica entro il 2030. Il processo è iterativo e la firma del contratto segna l'ini-

broader and more structured institutional collaborations, moving beyond individual research groups to create systemic synergies (Bookbinder *et al*., 2024; Hegger *et al*., 2022; Ruiz-Mallén and Heras, 2020; Yazar, 2023). A third crucial function is the active role of universities as territorial institutions: beyond reducing their greenhouse gas emissions and promoting net-zero systems, universities must also integrate operational and managerial strategies related to their built environment. Furthermore, embedding SDGs into university curricula serves as a key tool to raise awareness among students and encourage concrete action against climate change (Sen *et al*., 2022). Finally, universities are becoming increasingly central to the management of competitive research projects, which are now a fundamental pillar of innovation and a key response to environmental challenges (Palermo and Hernandez, 2020).

Methodology and objectives

This research adopted a qualitative methodology, employing parallel strategies to investigate the complex dynamics of multi-level governance in relation to climate neutrality and the role of universities in technology transfer. Specifically, the following methodological activities were implemented:

- A state-of-the-art review was conducted on multi-level governance for climate neutrality and the role of universities in technology transfer.
- A comparative analysis of European Climate City Contracts and Energy Citizenship Contracts (GRETA) was carried out.
- A bench-learning methodological framework was developed to facilitate the co-creation of knowledge between universities and local authorities.

The case studies were selected based on their direct involvement in the European "100 Climate Neutral and Smart Cities" Mission, ensuring representativeness in terms of geographical distribution, institutional structure, and levels of engagement with universities. The analysis focused on the nine Italian cities selected for the Mission, complemented by Spanish, Swedish, and Greek examples for their relevant governance models and participatory strategies. While the assessment of results is discussed in later sections, the methodological approach focused primarily on capturing the diversity of governance practices and knowledge transfer mechanisms across different national and urban contexts. A preferential criterion for the analysis was the selection of cities that had completed and submitted their Climate City Contract to the European Commission. The objective was to systematise strategic pathways to enhance technology transfer and collaboration among communities, local governments, and universities, thereby strengthening an innovative and integrated urban governance model.

Climate City Contracts and the "100 Climate Neutral and Smart Cities" Mission within the Quintuple Helix Framework

The Climate City Contract (CCC) is a recent instrument designed to facilitate cities' transition toward climate neutrality. Formalised within the European "100 Climate Neutral and Smart Cities" Mission, it serves as a framework for developing targeted action plans aimed at accelerating

zio di un percorso di miglioramento continuo. Dal 2023 al 2024, sono stati consegnati 56 *Climate City Contracts*, come riportato nella Knowledge Repository del progetto *NetZeroCities*. La distribuzione geografica dei contratti e il coinvolgimento delle università sono illustrati nella Figura 1.

Il programma ha raggiunto una distribuzione geografica piuttosto ampia, sebbene permangano alcune disparità a livello nazionale: in Italia, ad esempio, nessuna città del sud è stata selezionata. Italia e Spagna rappresentano i Paesi più coinvolti (7 città italiane hanno consegnato il CCC, su 9 selezionate). L'analisi dei CCC evidenzia come la collaborazione tra gli attori locali delle singole città sia centrale nella costituzione di percorsi di transizioni concreti e fattibili. Nei CCC italiani, le università giocano un ruolo preminente, essendo spesso firmatarie insieme con la municipalità e coinvolte in molteplici azioni. Inoltre, tutte le città italiane della Mission sono supportate dall'Università di Bologna, nell'ambito del progetto *Let's GOv* e dal Politecnico di Milano, attraverso il progetto *NetZeroCities*, oltre che dalle rispettive istituzioni accademiche locali.

Anche in Spagna le città coinvolgono attivamente le università nei gruppi di lavoro della missione. Ad esempio, Valencia ha istituito un *Mission Innovation Team*, di cui le università cittadine sono partner principali. A Madrid, l'approccio didattico è orientato alla neutralità climatica, con iniziative volte a rendere i campus più sostenibili. Inoltre, le città spagnole hanno lanciato una piattaforma digitale di supporto per tutte le città della missione, con le università come partner principali di sviluppo di questa infrastruttura.

Nel contesto svedese, il ruolo delle università nei CCCs si integra in maniera coerente con quanto osservato in altri Paesi. Diverse città, tra cui Stoccolma, vantano da tempo collaborazioni consolidate con le università su temi come quello della Smart City e della transizione energetica. Stoccolma ha attivato una partnership strategica con vari istituti di ricerca della città attraverso il *Sensible Stockholm Lab*. Anche la città di Malmo conferma collaborazioni con diverse università locali sui temi della transizione.

In Grecia, le città tendono a concentrare le relazioni con le rispettive università sui temi della governance multilivello e multi-attoriale, fornendo supporto alle iniziative di partecipazione e collaborando come partner di alcune azioni specifiche.

In maniera complementare a questo strumento, il progetto europeo GRETA (GA 101022317) ha proposto un modello diverso di contratto sociale, l'*Energy Citizenship Contract* (ECC) (Longo *et al*., 2023). Questo strumento è indicato per supportare l'integrazione dei cittadini che, da semplici uditori e consultatori passivi della transizione, diventano *partner* attivi. Pensato come strumento operativo per facilitare la cittadinanza energetica, con obiettivi specifici e coinvolgendo attori e cittadini su base volontaria, l'ECC funge da *framework* per favorire la collaborazione tra i diversi stakeholder, facilitando interventi energetici, come la formazione di gruppi di auto-produzione di energia, associazioni di auto-consumatori, comunità energetiche, e l'istituzione di servizi legati alla conservazione dell'energia.

Il Progetto Let's GOV e il percorso formativo bench-learning

Il progetto *Let's GOv* si propone di supportare le città italiane partecipanti alla *Mission* "100 Climate Neutral and Smart Cities" nell'identificare e superare le barriere di governance mul-

climate neutrality by 2030. This tool draws on the experience of Transnational Municipal Networks (TMNs), such as the Covenant of Mayors, and similar initiatives (Kona *et al*., 2021; Salvia *et al*., 2021). Early versions of climate contracts that inspired the Mission's CCC emerged spontaneously in Sweden and Spain.

In December 2021, 23 Swedish cities and five government agencies signed the first Klimatkontrakt 2030, facilitated by Viable Cities. In Spain, the citiES 2030 initiative launched a process to transform urban areas by accelerating decarbonisation roadmaps. This project involved eight cities and unfolded in three phases: securing political commitment, defining specific obligations, and establishing decarbonisation roadmaps with the involvement of national and regional stakeholders.

The European Mission's CCC integrates these pioneering experiences, providing a collaborative governance tool to help cities overcome barriers to climate neutrality by 2030. The process is iterative, with contract signing marking the beginning of a continuous improvement cycle. Between 2023 and 2024, 56 Climate City Contracts were submitted, as documented in the NetZeroCities Knowledge Repository. The geographical distribution of CCCs and the involvement of universities are illustrated in Figure 1.

The programme has achieved broad geographical distribution, although some national disparities persist. In Italy, for example, no southern cities were selected. Italy and Spain are among the most engaged countries, with seven Italian cities submitting CCCs out of the nine selected. The analysis of CCCs highlights that local actor collaboration is central to shaping feasible transition pathways.

In Italy, universities play a pivotal role, often signing the CCCs alongside municipalities and participating in multiple initiatives. Additionally, all Italian cities in the Mission are supported by the University of Bologna (via the Let's GOv project) and Politecnico di Milano (through NetZeroCities), alongside their respective local academic institutions.

A similar trend is observed in Spain, where cities actively engage universities in the Mission's working groups. For instance, Valencia established a Mission Innovation Team, where local universities are key partners. In Madrid, educational programmes focus on climate neutrality, with initiatives aimed at making university campuses more sustainable. Spanish cities have also launched a digital support platform for all Mission cities, with universities as primary partners in developing this infrastructure.

In Sweden, the role of universities in CCCs aligns with patterns observed in other countries. Cities such as Stockholm have long-standing collaborations with universities on Smart City development and energy transition. Stockholm has established a strategic partnership with several research institutes through the Sensible Stockholm Lab. Similarly, Malmö has consolidated partnerships with local universities on transition-related topics.

In Greece, university collaborations focus primarily on multi-level and multi-actor governance, supporting participatory initiatives and partnering in specific actions.

Complementing the CCC framework, the European GRETA project (GA 101022317) introduced an alternative social contract model, the Energy Citi-

01 |

Countries with a number of cities having CCC greater than or equal to 4

Country	N.	City	Role of the university in CCC
Italy	7	Bergamo Bologna Florence Parma Prato Milan Turin	_Cross-sectoral and multi-level governance as a key engagement theme. _Territorial universities as key partners in dedicated working groups on CCC. _Universities involved in specific actions within CCC.
Spain	7	Barcelona Madrid Seville Valencia Valladolid Vitoria-Gasteiz Zaragoza	_Universities involved in dedicated working groups on the cities' climate mission. _Engagement of university campuses in sustainability actions on their own buildings. _Development initiated for a cross-cutting digital platform for all cities involved in the national mission, with universities as key partners in its implementation.
Finland	5	Espoo Lahti Lappeenranta Tampere Turku	_Local universities as key partners in dedicated working groups on CCC. _Green services and participation as primary engagement themes. _Innovative experiments in environmental education across the entire educational cycle (starting from children) in collaboration with universities (see the case of Lappeenranta Junior University). _Innovative experiments on Climate Justice with active university involvement (see the case of Tampere and the Climate Justice Discussion Forum).
Greece	5	Ioannina Kalamata Kozani Thessaloniki Trikala	_Relations with universities on multi-level and multi-actor governance topics. _Universities as partners supporting participation and education initiatives on climate neutrality. _Involvement in specific projects in the transport and renewable energy sectors.
Sweden	5	Gävle Gothenburg Malmö Stockholm Umeå	_Universities with a role similar to previous cases, focusing on Smart City topics and energy transition. _Presence of strategic partnerships with research institutes in urban innovation labs. _Key partnerships on governance, citizen participation, and innovation related to data, digitalization, and climate change.
Germania	4	Aachen Heidelberg Mannheim Münster	_Universities involved in specific actions within CCC, focusing on education and transition themes. _Local universities as key partners in dedicated working groups on CCC.

Countries with a number of cities having CCC lower than 4

Country	N.	City
Portugal	3	Guimarães Lisbon Porto
Romania	3	Bucharest Cluj Napoca Suceava
Slovenia	2	Ljubljana Kranj
Austria	1	Klagenfurt
Belgium	1	Leuven
Cyprus	1	Limassol
Denmark	1	Sønderborg
France	1	Lyon
Hungary	1	Miskolc
Israel	1	Eliat
Latvia	1	Liepāja
Netherlands	1	The Hague
Turkey	1	Izmir

02 | Il workshop intensivo del progetto Let's GOv: uno dei poster risultanti dalla discussione sulla governance multilivello. I poster sono stati costruiti con la tecnica dello *scribing* da Nowhere

The Let's GOv project intensive workshop: one of the results of the discussion about governance. The posters have been created through the technique of scribing by Nowhere

tilivello, al fine di accelerare la transizione climatica. Coinvolgendo le nove città italiane selezionate (Bologna, Milano, Torino, Roma, Parma, Prato, Bergamo, Padova e Firenze), coordinate dal Comune di Bologna, il progetto si estende a un Osservatorio di 16 città follower e a due *Twin Cities* (Genova e Issy les Moulineaux).

Il progetto è strutturato su due assi principali: la condivisione di esperienze e il dialogo costante tra le città, da una parte, l'implementazione di sperimentazioni pilota all'interno delle municipalità, dall'altra. In particolare, il percorso di formazione organizzato dall'Università di Bologna (Dipartimento di Architettura, gruppo di ricerca TRACE), si è articolato in tre fasi. Inizialmente, è stato realizzato un aggiornamento delle barriere alla transizione delle città partner, mediante la raccolta di informazioni su pratiche di governance positiva e negativa, integrato da casi studio. Successivamente, un *workshop* intensivo ha consentito alle città di confrontarsi direttamente sulle sperimentazioni in corso – come sportelli per il clima o per l'energia, *one-stop shop*, Assemblee per il Clima e sistemi di monitoraggio delle azioni – creando un ambiente di condivisione e dialogo tra le città. Infine, il terzo momento prevede l'organizzazione di attività di formazione e condivisione online, su temi più specifici identificati dalle città stesse (infrastruttura di rete, comunità energetiche, piattaforme di monitoraggio, ecc.).

Dalla prima analisi condotta sono emerse alcune necessità in ambito di governance. Relativamente alla governance interna, è risultata evidente la necessità di migliorare la comunicazione e il coordinamento tra gli uffici comunali, promuovendo una collaborazione trasversale e la creazione di una visione condivisa della transizione climatica che attraversi tutti i settori dell'amministrazione. Sebbene le nove municipalità siano già attive su questi aspetti, emerge la necessità di estendere il coinvolgimento anche a funzionari provenienti da settori meno tradizionalmente legati alla transizione (Fig. 2).

Per quanto riguarda la governance multilivello, si evidenzia l'importanza di ampliare e aggiornare i database comunali esistenti con dati energetici, per facilitare la mappatura degli edifici e l'adozione di strategie di transizione efficaci. Inoltre, le città hanno esplorato la possibilità di standardizzare e semplificare gli iter autorizzativi in relazione agli attori chiave. Per promuovere una partecipazione inclusiva, le città coinvolte nel progetto hanno sperimentato strategie di coinvolgimento pubblico come assemblee sul clima, sportelli informativi e laboratori aperti ai cittadini. Questi strumenti sono serviti a raccogliere contributi, sensibilizzare la popolazione e favorire il dialogo tra amministrazioni comunali, cittadini e partner accademici. A livello di governance esterna, è emersa l'esigenza di rafforzare i rapporti con enti esterni – università, soprintendenze aziende e cittadini – attraverso processi di co-progettazione e la creazione di alleanze pubblico-private. Per valutare l'efficacia delle strategie adottate, si utilizzano indicatori quantitativi

zenship Contract (ECC) (D. Longo *et al.*, 2023). This instrument is designed to foster active citizen engagement in the climate transition, shifting their role from passive observers to key partners.

The ECC functions as an operational tool to promote energy citizenship, setting specific objectives and involving stakeholders and citizens on a voluntary basis. It provides a structured framework to support collaborative energy initiatives, such as the formation of self-production energy groups, self-consumption associations, and energy communities, as well as the development of energy conservation services.

The Let's GOv project and the bench-learning training programme

The Let's GOv project aims to support Italian cities participating in the "100 Climate Neutral and Smart Cities" Mission by identifying and overcoming multi-level governance barriers to accelerate the climate transition. The initiative involves the nine selected Italian cities – Bologna, Milan, Turin, Rome, Parma, Prato, Bergamo, Padua, and Florence – coordinated by the Municipality of Bologna. Additionally, the project extends to an Observatory of 16 follower cities and two Twin Cities (Genoa and Issy-les-Moulineaux).

The project is structured around two core pillars, precisely knowledge-sharing and continuous dialogue among cities, and the implementation of pilot experiments within municipalities.

The training programme, organised by the University of Bologna (Department of Architecture, TRACE Research Team), follows a three-phase structure. First, an assessment was conducted to update barriers to urban transition, collecting insights on best and worst governance practices and integrating case studies. Second, a workshop enabled cities to engage in direct exchange on ongoing experiments, such as climate and energy helpdesks, one-stop shops, climate assemblies, and monitoring systems. This phase facilitated a collaborative learning environment among cities. Finally, the last phase includes online training sessions on specific topics, identified by the cities themselves (e.g., network infrastructure, energy communities, and monitoring platforms).

A primary challenge identified is the need to enhance communication and coordination among municipal departments, fostering cross-sectoral collaboration and a shared vision for the climate transition across all administrative sectors. Although all nine municipalities are already active in these efforts, there is a need to extend participation to officials from less traditionally involved sectors (Fig. 2).

Cities have highlighted the need to expand and update municipal databases with energy data, facilitating building mapping and the implementation of effective transition strategies. Additionally, they explored the standardisation and simplification of authorisation processes for key stakeholders.

To promote inclusive participation, the cities involved in the project also experimented with public engagement strategies such as climate assemblies, helpdesks, and workshops open to citizens. These tools served to collect input, raise awareness, and foster dialogue between municipalities, citizens, and academic partners. There is a growing demand to strengthen partnerships with external entities, such as universities, heritage authorities, busi-

e qualitativi ispirati alle *Knowledge Transfer Metrics* della UE e del MEL (*Monitoring Evaluation and Learning*) di *NetZero-Cities*. Le misurazioni includono la partecipazione dei funzionari comunali, l'evoluzione delle barriere amministrative nei processi decisionali locali, il miglioramento dell'integrazione della transizione climatica nelle politiche urbane e la nascita di nuovi protocolli, accordi, regolamenti utili alla facilitazione della transizione.

Discussione e conclusioni Il progetto Let's GOv ha evidenziato come una rete integrata tra municipalità e partner tecnici, includendo università, agenzie energetiche e altri attori specializzati, possa costituire uno strumento importante per superare le barriere di governance interna, esterna e multilivello, elementi critici nel percorso verso la transizione climatica.

I risultati dimostrano che, se da un lato strumenti come il *Climate City Contract* (CCC) si rivelano efficaci nel formalizzare impegni e strategie di transizione, dall'altro essi presentano limiti significativi in relazione alla partecipazione attiva dei cittadini. In risposta a questa lacuna, il progetto GRETA ha sviluppato gli *Energy Citizenship Contracts* (ECC), strumenti integrabili con i CCC che favoriscono la coprogettazione tra cittadini, amministrazioni e partner tecnici, ampliando così il coinvolgimento della comunità. La partecipazione dei cittadini rimane senz'altro un ambito critico su cui è necessario intervenire. Sebbene i *Climate City Contracts* (CCC) offrano un solido quadro istituzionale, l'integrazione degli *Energy Citizenship Contracts* (ECC) ha mostrato un potenziale significativo nel tradurre gli obiettivi strategici in pratiche inclusive e partecipative. In particolare, l'adozione di strumenti deliberativi, come assemblee locali e mappature partecipative, si è rivelata efficace nel superare le resistenze iniziali e nell'attivare le energie locali.

Un ulteriore elemento di impatto del progetto riguarda il coinvolgimento diretto di studenti e ricercatori attraverso percorsi di tirocinio e tesi di laurea. Questo processo ha permesso di rafforzare l'interazione tra accademia e municipalità, contribuendo alla creazione di nuove professionalità legate alla governance climatica. L'integrazione di studenti nei gruppi di lavoro delle città ha favorito un apprendimento esperienziale, potenziando il trasferimento di conoscenze e il *capacity building* locale.

Il modello metodologico adottato da Let's GOv, basato su un processo bidirezionale di *bench learning*, ha consentito alle città di essere sia utenti che produttori di conoscenza, favorendo un apprendimento collaborativo e replicabile in altre città (Fig. 3). L'innovazione dei progetti risiede nella capacità di superare la tradizionale dicotomia tra approcci *top-down* e *bottom-up*, favorendo una circolazione bidirezionale di conoscenza e competenze tra università, enti locali e società civile. Questo approccio riflette la direzione auspicata dall'UE, come evidenziato dal *New European Bauhaus*. Nonostante la necessità di consenso preliminare tra le parti possa rappresentare una sfida alla scalabilità, questo modello adattivo offre una chiara prospettiva per affrontare le transizioni future.

Pur non essendo esaustivo, il contributo evidenzia come gli istituti di ricerca possano diventare veri e propri catalizzatori del trasferimento tecnologico verso realtà urbane in transizione, attraverso la sperimentazione di azioni collaborative. La sfida per il futuro risiede nel consolidare e replicare questi modelli collaborativi su scala più ampia, affinché la transizione climati-

nesses, and citizens, through co-design processes and the creation of public-private alliances.

To assess the effectiveness of adopted strategies, the project employs quantitative and qualitative indicators, inspired by the EU Knowledge Transfer Metrics and the NetZeroCities MEL framework (Monitoring, Evaluation and Learning). Key performance metrics include participation levels of municipal officials, reduction of administrative barriers in local decision-making processes, improved integration of climate transition goals into urban policies, and the development of new protocols, agreements, and regulations facilitating the transition.

Discussion and conclusions

The Let's GOv project has demonstrated that an integrated network between municipalities and technical partners – including universities, energy agencies, and other specialised actors – can serve as a key instrument in overcoming internal, external, and multi-level governance barriers, which are critical elements in the climate transition process.

Findings indicate that while instruments such as the Climate City Contract (CCC) are effective in formalising commitments and transition strategies, they also present significant limitations in fostering active citizen participation. To address this gap, the GRETA project developed Energy Citizenship Contracts (ECCs), which can be integrated with CCCs to facilitate co-design processes between citizens, administrations, and technical partners, thereby expanding community engagement.

Nonetheless, citizen participation remains a critical area for improvement. While CCCs provide a strong institutional framework, the integration of ECCs has shown potential in translating strategic objectives into inclusive and participatory practices. In particular, the adoption of deliberative tools, such as local assemblies and participatory mapping, has proven effective in overcoming initial resistance and activating local energies.

Another key impact of the project is the direct involvement of students and researchers through internships and thesis work. This process has strengthened interactions between academia and municipalities, contributing to the development of new professional expertise in climate governance. The integration of students into municipal working groups has promoted experiential learning, enhancing both knowledge transfer and local capacity building.

The methodological model adopted by Let's GOv, based on a bidirectional bench-learning process, has enabled cities to act as both users and producers of knowledge, fostering collaborative learning that can be replicated in other urban contexts (Fig. 3). The innovation of this approach lies in its ability to overcome the traditional top-down and bottom-up dichotomy, promoting bidirectional knowledge exchange and capacity-building between universities, local authorities, and civil society. This aligns with the EU's vision, as reflected in the New European Bauhaus initiative. Although the need for preliminary consensus among stakeholders may pose a scalability challenge, this adaptive model provides a clear framework for addressing future transitions.

Even though not exhaustive, this study highlights how research institutions

ca diventi un processo condiviso e partecipato tra attori che lavorano in maniera sinergica, per poter essere considerati come alleati nel percorso di transizione. Guardando al futuro, lo sviluppo di questi *framework* collaborativi dovrebbe concentrarsi sull'ampliamento dei modelli partecipativi e sull'istituzionalizzazione delle pratiche di co-progettazione, affinché non restino confinati a progetti pilota ma diventino componenti strutturali della governance urbana.

RICONOSCIMENTI

Il presente articolo include risultati dei progetti europei GRETA (GA 101022317) e Let's GOv (GA101036519).

REFERENCES

Bookbinder, R., Mdee, A. and Roelich, K. (2024), "The possibility of a theory of change to tackle the climate crisis in a UK university", *International Journal of Sustainability in Higher Education*, Vol. 25 n. 8, pp. 1929-1944. Available at: https://doi.org/10.1108/IJSHE-05-2023-0185 (Accessed on 28/06/2025).

Bremmer, I. (2022), *Il potere della crisi*, Egea, Milano.

Carayannis, E.G., Barth, T.D. and Campbell, D.F. (2012), "The Quintuple Helix innovation model: global warming as a challenge and driver for innovation", *Journal of innovation and entrepreneurship*, Vol. 1, n. 1, p. 2. Available at: https://doi.org/10.1186/2192-5372-1-2.

Castán Broto, V. and Westman, L.K. (2020), "Ten years after Copenhagen: Reimagining climate change governance in urban areas", *WIREs Climate Change*, Vol. 11, n. 4, p. e643. Available at: https://doi.org/10.1002/wcc.643.

Cheung, T.T.T. and Fuller, S. (2022), "Rethinking the potential of collaboration for urban climate governance: The case of Hong Kong", *Area*, Vol. 54, n. 3, pp. 408-417. Available at: https://doi.org/10.1111/area.12781.

can act as catalysts for technology transfer in urban transition contexts by facilitating collaborative experimentation. The challenge moving forward is to consolidate and scale these collaborative models, ensuring that climate transition becomes a shared and participatory process, where actors work synergistically as allies in the transition journey. Looking ahead, further development of these collaborative frameworks should focus on scaling participatory models and institutionalising co-design practices, ensuring they are not limited to pilot projects but become structural components of urban governance.

ACKNOWLEDGEMENTS
This article includes results of the following European projects: GRETA (GA 101022317) and Let's GOv (GA101036519).

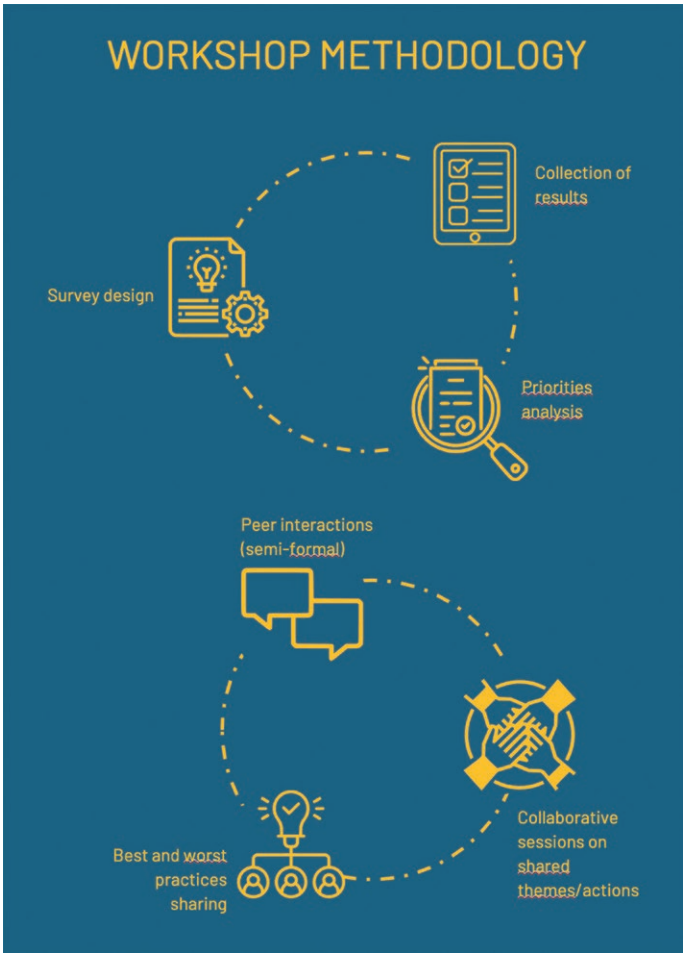
Crumpton, C.D., Wongthanavasu, S., Kamnuansilpa, P., Draper, J. and Bialobrzeski, E. (2021), "Assessing the ASEAN Smart Cities Network (ASCN) via the Quintuple Helix Innovation Framework, with Special Regard to Smart City Discourse, Civil Participation, and Environmental Performance", *International Journal of Urban Sustainable Development*, Vol. 13, n. 1, pp. 97–116. Available at: https://doi.org/10.1080/19463138.2020.1827411.

da Cruz, N.F., Rode, P. and McQuarrie, M. (2019), "New urban governance: A review of current themes and future priorities", *Journal of Urban Affairs*, Vol. 41, n. 1, pp. 1–19. Available at: https://doi.org/10.1080/07352166.2018.1499416.

Longo, D., Massari, M., Boulanger, S.O.M., Borghi, V., Manella, G., Kantel, A., Preuss, S., Schlindwein, L., Klein, L., Iturriza, I. J., Polo, L. (2023), *D5.4 Guidelines on Energy Citizenship Contracts – Definition and implementation. D5.4 of the Horizon 2020 project GRETA, EC grant agreement n°101022317 D5.4. Bologna.* Available at: https://ec.europa.eu/research/participants/documents/downloadPublic?documentIds=080166e500c7d4c7&appId=PPGMS (Accessed: 28/06/2025).

Dahl, R. A (1961), *Who governs: Democracy and power in an American City*, Yale University Press, New Haven.

| 03



Deakin, M. (2014), "Smart cities: the state-of-the-art and governance challenge", *Triple Helix*, Vol. 1, n. 7. Available at: https://doi.org/10.1186/s40604-014-0007-9.

Galaskiewicz, J. (1985), *Social organization of an urban grants economy: A study of business philanthropy and nonprofit organizations*, Academic Press, Orlando.

Gupta, S., Bansal, K. and Rosencranz, A. (2020), "India: Cities Take the Lead in Climate Change Governance", *Environmental Policy and Law*, vol. 50, n. 1-2, pp. 89-101. Available at: https://doi.org/10.3233/EPL-200196.

Hegger, D.L.T., Mees, H.L.P. and Wamsler, C. (2022), "The role of citizens in sustainability and climate change governance: Taking stock and looking ahead", *Environmental Policy and Governance*, Vol. 32, n. 3, pp. 161-166. Available at: https://doi.org/10.1002/eet.1990.

IPCC (2023), *Summary for Policymakers. In: Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, H. Lee and J. Romero (eds.)]*. Geneva, Switzerland: IPCC, pp. 1–34. Available at: https://doi.org/10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.001.

Kona, A., Monforti-Ferrario, F., Bertoldi, P., Baldi, M.G., Kakoulaki, G., Vetters, N., Thiel, C., Melica, G., Lo Vullo, E., Sgobbi, A., Ahlgren, C. and Posnic, B. (2021), "Global Covenant of Mayors, a dataset of greenhouse gas emissions for 6200 cities in Europe and the Southern Mediterranean countries", *Earth System Science Data*, Vol. 13, n. 7, pp. 3551-3564. Available at: https://doi.org/10.5194/essd-13-3551-2021.

Palermo, V. and Hernandez, Y. (2020), "Group discussions on how to implement a participatory process in climate adaptation planning: a case study in Malaysia", *Ecological Economics*, Vol. 177, p. 106791. Available at: https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2020.106791.

Reimers, F.M. (2021), "The Role of Universities Building an Ecosystem of Climate Change Education", in F.M. Reimers (ed.) *Education and Climate Change: The Role of Universities*. Cham: Springer International Publishing, pp. 1-44. Available at: https://doi.org/10.1007/978-3-030-57927-2_1.

Ruiz-Mallén, I. and Heras, M. (2020), "What Sustainability? Higher Education Institutions' Pathways to Reach the Agenda 2030 Goals", *Sustainability*, Vol. 12, n. 4, p. 1290. Available at: https://doi.org/10.3390/su12041290.

Salvia, M., Reckien, D., Pietrapertosa, F., Eckersley, P., Spyridaki, N.-A., Krook-Riekkola, A., Olazabal, M., De Gregorio Hurtado, S., Simoes, S.G., Geneletti, D., Viguié, V., Fokaides, P.A., Ioannou, B.I., Flamos, A., Csete, M.S., Buzasi, A., Orru, H., de Boer, C., Foley, A., Rižnar, K., Matosović, M., Balzan, M.V., Smigaj, M., Baštáková, V., Streberova, E., Šel, N.B., Coste, L., Tardieu, L., Altenburg, C., Lorencová, E.K., Orru, K., Wejs, A., Feliu, E., Church, J.M., Grafakos, S., Vasilie, S., Paspaldzhiev, I. and Heidrich, O. (2021), "Will climate mitigation ambitions lead to carbon neutrality? An analysis of the local-level plans of 327 cities in the EU", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 135, p. 110253. Available at: https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110253.

Sen, G., Chau, H.-W., Tariq, M.A.U.R., Muttil, N. and Ng, A.W.M. (2022), "Achieving Sustainability and Carbon Neutrality in Higher Education Institutions: A Review", *Sustainability*, Vol. 14, n. 1, p. 222. Available at: https://doi.org/10.3390/su14010222.

Stehle, F., Hickmann, T., Lederer, M. and Höhne, C. (2022), "Urban Climate Politics in Emerging Economies: A Multi-Level Governance Perspective", *Urbanisation*, Vol. 7, n. 1_suppl, pp. S9–S25. Available at: https://doi.org/10.1177/2455747120913185.

Tewari, R., Simpson, M., Letot, C., Mehlhorn, J., Foster, D., Musunuru, N. and Parr, B. (2023), "Expanding Climate Change Education in Agricultural Communities: Lessons from the U.S Midsouth", *NACTA Journal*, Vol. 67, n. 1. Available at: https://doi.org/10.56103/nactaj.v67i1.105.

United Nations – Department of Economic and Social Affairs (2024), *Policy Brief No. 162: Multilevel Governance for Climate Change Mitigation and Adaptation*. Policy Brief 162. United Nations. Available at: https://desapublications.un.org/policy-briefs/un-desa-policy-brief-no-162-multilevel-governance-climate-change-mitigation-and (Accessed on 28/06/2025).

Yazar, M. (2023), "Norm domestication challenges for local climate actions: A lesson from Arizona, USA", *Environmental Policy and Governance*, Vol. 33, n. 4, pp. 386-397. Available at: https://doi.org/10.1002/eet.2038.

Trasferimento Tecnologico e Innovazione per la Resilienza Climatica in ambito Urbano: possibile integrazione dei servizi ecosistemici nella pianificazione urbanistica a Reggio Calabria (Italy)

Just Accepted: May 26, 2025 **Published:** November 06, 2025

Francesca Moraci, https://orcid.org/0000-0002-9967-0092 fmoraci@unirc.it
Alessandra Barresi, https://orcid.org/0000-0002-1208-0445 alessandra.barresi@unirc.it
Francesco Trimboli, https://orcid.org/0009-0001-5419-1987 francesco.trimboli@unirc.it
Pietro Bova, https://orcid.org/0009-0003-0489-9922 pietro.bova@unirc.it
Dipartimento di Architettura e Design, Università degli Studi Mediterranea di Reggio Calabria, Italia

Abstract. La ricerca affronta la difficoltà di integrare la valutazione ecosistemica nella pianificazione urbanistica per rispondere alle vulnerabilità territoriali (Caldarice and Salata, 2019). Il Progetto Pilota 4.6.1 di Tech4You, su Reggio Calabria, sviluppa un approccio multidisciplinare che combina valutazione ecosistemica, *digital twin* e intelligenza artificiale per la creazione di Piani di Adattamento Climatico (PACC). La sperimentazione critica del modello "InVEST" per il calcolo del servizio ecosistemico "Carbon Storage and Sequestration" ha evidenziato i limiti degli attuali strumenti di valutazione e la necessità di una piattaforma più avanzata. Per questo, il P.P. 4.6.1 sta sviluppando una Piattaforma che integra modelli predittivi e una Camera di Intelligenza Climatica in fase prototipale.

Parole chiave: Servizi ecosistemici; Piani di adattamento climatico; *digital twin* e intelligenza artificiale; infrastrutture verdi e blu, resilienza territoriale

Servizi ecosistemici e pianificazione urbanistica

L'attuale dibattito sulla valutazione dei servizi ecosistemici (ESs) evidenzia la difficoltà di integrare efficacemente tali strumenti nei processi di pianificazione urbanistica, rendendoli funzionali alla riduzione delle vulnerabilità territoriali (Arcidiacono *et al*., 2015; Caldarice and Salata, 2019; Moraci *et al*., 2025). Due criticità emergono con particolare rilievo: la complessa quantificazione degli ESs (Boyd and Banzhaf, 2007; Ecosystems and Human Well-Being, 2005) e la tendenza a valutare lo stato attuale dei servizi piuttosto che il loro effettivo recepimento nei piani urbanistici (Almenar *et al*., 2021; Ouyang *et al*., 2021; Salata *et al*., 2019). Questo approccio limita la possibilità di trasformare la valutazione ecosistemica in un efficace strumento decisionale per la resilienza urbana.

Il Progetto Pilota 4.6.1[1], sviluppato nell'ambito di "Tech4You", affronta queste criticità attraverso modelli e tecnologie innovative per l'adattamento e la mitigazione climatica. L'approccio adottato mira a monitorare e valutare l'efficacia degli interventi, riducendo il debito ecologico e rafforzando la resilienza urbana. Il trasferimento tecnologico rappresenta dunque l'elemento chiave per colmare il divario tra teoria e pratica, rendendo gli ESs strumenti concreti per la gestione del territorio.

Stato dell'arte: I casi studio di Zurigo (Svizzera), Chieri (TO), None (TO), Collegno (TO), Moncalieri (TO)

La valutazione degli ESs, suddivisi secondo il "Millennium Ecosystem Assessment" (MEA) (2005) e successivamente adattati nel TEEB[2] (2010) e nella "Common International Classification of Ecosystem Services" (Haines-Young and Potschin, 2013), resta centrale nel dibattito scientifico. Tuttavia, la principale sfida risiede nella traduzione della loro quantificazione in strumenti operativi per la pianificazione urbanistica. La complessità ecologica del suolo, da cui derivano molteplici benefici ecosistemici, rende difficile una misurazione accurata, specialmente considerando la discrepanza tra lo stato ecologico e la destinazione d'uso prevista nei piani urbanistici. Tali discre-

Technology transfer and innovation for climate resilience in urban areas: possible integration of ecosystem services in urban planning in Reggio Calabria (Italy)

Abstract. The research addresses the difficulty of integrating ecosystem assessment into urban planning to respond to territorial vulnerabilities (Caldarice and Salata, 2019). Tech4You's Pilot Project 4.6.1, on Reggio Calabria (Italy), develops a multidisciplinary approach that combines ecosystem assessment, digital twin and artificial intelligence for the creation of Climate Adaptation Plans (PACC). The critical testing of the "InVEST" model for calculating the "Carbon Storage and Sequestration" ecosystem service highlighted the limitations of current evaluation tools and the need for a more advanced platform. Hence, the P.P. 4.6.1 is developing a Platform that integrates predictive models and a Climate Intelligence Chamber in the prototype phase.

Keywords: Ecosystem services; Climate adaptation plans; digital twin and artificial intelligence; green and blue infrastructures; territorial resilience.

Ecosystem services and urban planning

The current debate on the evaluation of ecosystem services (ESs) highlights the difficulty of effectively integrating these tools into urban planning processes, making them functional in reducing territorial vulnerabilities (Arcidiacono *et al*., 2015; Caldarice and Salata, 2019; Moraci *et al*., 2025). Two critical issues emerge with particular importance, namely the complex quantification of ESs (Boyd and Banzhaf, 2007; *Ecosystems and Human Well-Being*, 2005) and the tendency to evaluate the current state of services rather than their actual implementation in urban planning (Almenar *et al*., 2021; Ouyang *et al*., 2021; Salata *et al*., 2019). This approach limits the possibility of transforming ecosystem assessment into an effective decision-making tool for urban resilience.

The Pilot Project 4.6.1[1], developed within Tech4You, addresses these critical issues through innovative models and technologies for climate adaptation and mitigation. The approach adopted aims to monitor and evaluate the effectiveness of interventions, reducing ecological debt and strengthening urban resilience. Subsequently, technology transfer is the key element to bridge the gap between theory and practice, making ESs concrete tools for land management.

State of the art: The case studies of Zurich (Switzerland), Chieri (TO), None (TO), Collegno (TO), Moncalieri (TO)

The evaluation of ESs, divided according to the Millennium Ecosystem Assessment (MEA) (2005) and subsequently adapted into the TEEB[2] (2010) and the Common International

ISSN online: 2239-0243 | © 2025 Author(s) | http://www.fupress.com/techne | DOI: 10.36253/techne-17396
Open access, peer-reviewed article published by Firenze University Press (https://www.fupress.com) and distributed, except where otherwise noted, under the terms of the CC BY 4.0 License for content and CC0 1.0 Universal for metadata

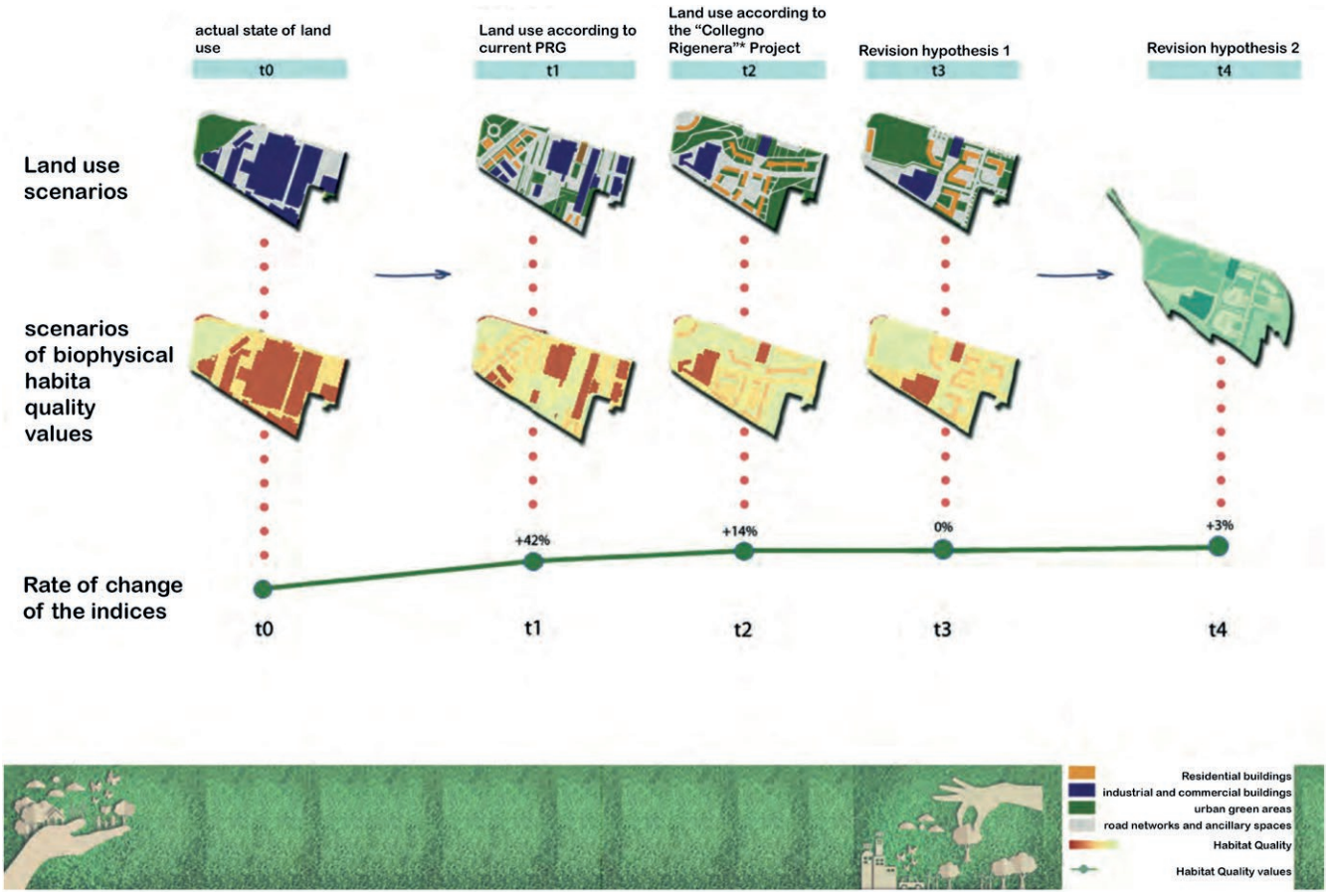
01 | La figura è tratta da Chiarle *et al.* (2018), e rappresenta il tasso di variazione del valore medio di habitat quality per il caso studio di Collegno, per i diversi scenari temporali da t0 a t4
The figure is taken from Chiarle et al. (2018), and represents the rate of change of the average habitat quality value for the Collegno (Italy) case study, for the different time scenarios from t0 to t4

panze richiedono modelli più sofisticati per una gestione sostenibile del territorio.
La maggior parte degli approcci metodologici, tra cui "InVEST", "ARIES" e "Bayesian Network" (Almenar *et al.*, 2021; Bellamy *et al.*, 2011; Drakou *et al.*, 2015), valuta gli ESs in uno stato statico, senza considerare adeguatamente le trasformazioni territoriali derivanti dalle politiche urbane. Per superare questa limitazione, esperienze come quelle dei comuni piemontesi di Collegno (fig. 1), Chieri, None e Moncalieri dimostrano il valore di strategie che combinano la valutazione degli ESs (fig. 2) con la previsione di scenari futuri (Regione Piemonte, 2022). Ad esempio, il recupero del Parco della Dora a Collegno ha migliorato la regolazione idrica, mentre Chieri ha implementato corridoi ecologici per la biodiversità (Piemonte, 2022). None e Moncalieri hanno invece puntato su tetti verdi e forestazione urbana per contrastare l'effetto isola di calore.
Un ulteriore esempio di innovazione è rappresentato dal *Digital Twin* di Zurigo (Schrotter and Hürzeler, 2020), che integra dati geospaziali 3D per simulare scenari di sviluppo urbano e garantire una pianificazione più efficace. Questo sistema, supportato dall'Open Government Data e regolato dalla legge federale sulla geoinformazione (*SR 510.62*, 2007), si allinea agli standard INSPIRE della Commissione Europea (*INSPIRE Knowledge Base – European Commission*, 2025).
Questi casi dimostrano l'importanza di adottare un approccio dinamico alla valutazione ecosistemica, che consideri le trasformazioni territoriali nel tempo. Una metodologia predittiva consente di modellare l'evoluzione dei Servizi Ecosistemici in risposta a cambiamenti d'uso del suolo, mutamenti climatici e politiche urbanistiche, trasformando la valutazione degli ESs in un elemento strategico per la pianificazione urbanistica e territoriale.

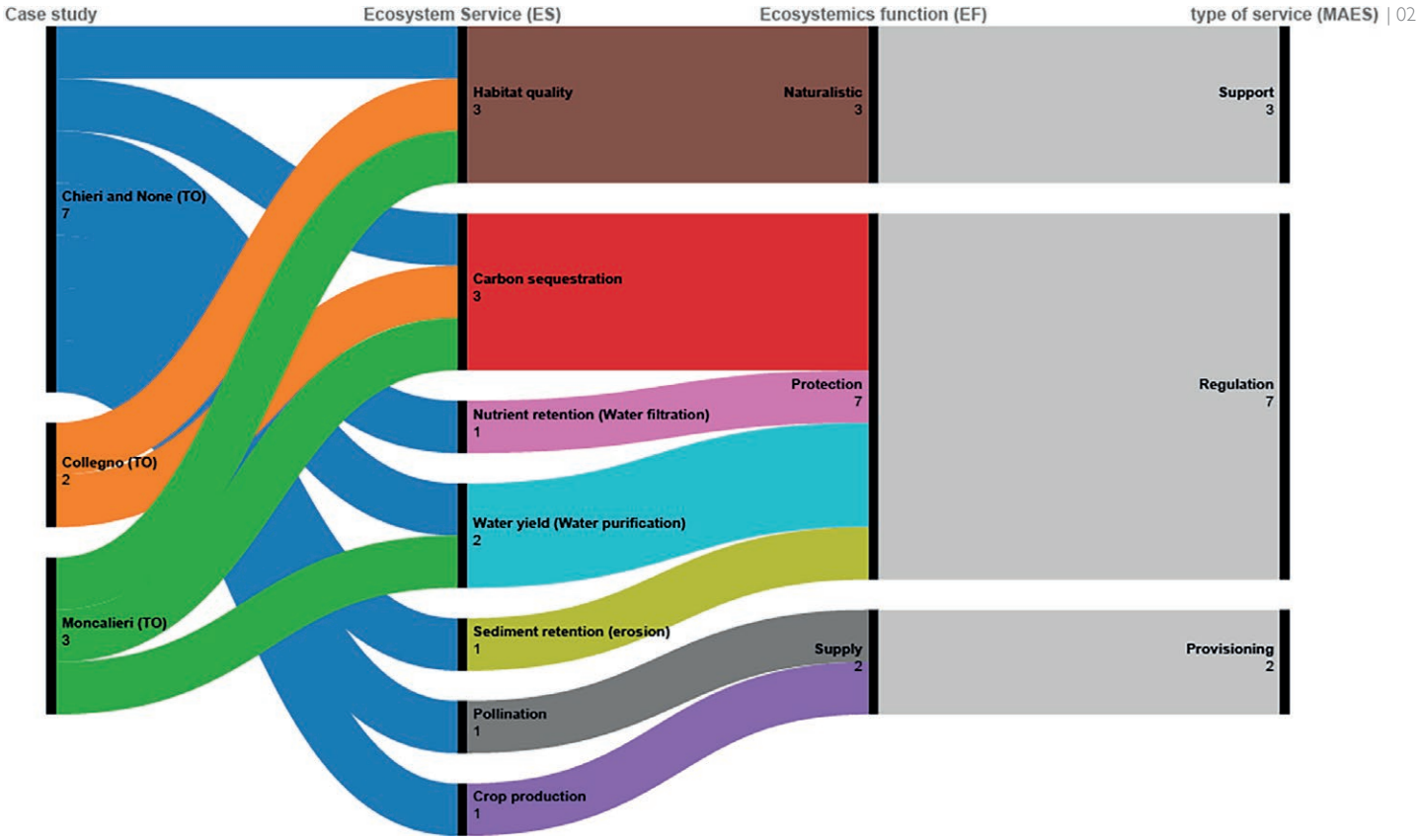
Approccio e Metodologia del Progetto Pilota 4.6.1

Dallo stato dell'arte emerge che gli ESs non sono altro che il risultato di processi ecologici, sociali, culturali e di interazione nonché il risultato di una coevoluzione storica di usi, regole d'uso, norme sociali e processi naturali (Santolini, 2010).

01 |



02 | ESs mappati, utilizzando le risorse di "InVEST", prima dell'overlay in ambiente GIS con le aree normative per i casi studio piemontesi
ESs mapped, using "InVEST" resources, before overlaying in a GIS environment with the regulatory areas for the Piedmont (Italy) case studies



A partire da queste considerazioni, l'approccio metodologico del Progetto Pilota 4.6.1 si basa sulla classificazione degli ESs secondo il MEA (2005) (fig. 3) e adotta un modello a cascata, ispirato a "Natural England[3]" (NE) (2011) e "CQuEL[4]", che organizza l'analisi degli ESs in quattro fasi (fig.4): selezione e definizione del servizio, analisi delle proprietà ecosistemiche, identificazione degli indicatori e dei parametri urbanistici (fig. 5) (Balvanera *et al.*, 2022; *InVEST Models | The Natural Capital Project*, 2021; Saatchi *et al.*, 2011) e individuazione delle fonti dati (fig. 6). Questo metodo garantisce un'integrazione coerente tra valutazione ecosistemica e pianificazione territoriale.
Sulla base di questo approccio, ad oggi, si sta procedendo alla mappatura degli ESs già analizzati dal gruppo di ricerca del P.P. 4.6.1 T4Y nell'area di RC presa come caso studio. Questa map-

Classification of Ecosystem Services (Haines-Young and Potschin, 2013), remains central in the scientific debate. However, the main challenge lies in translating their quantification into operational tools for urban planning. The ecological complexity of the soil, from which multiple ecosystem benefits derive, makes accurate measurement difficult, especially considering the discrepancy between the ecological state and the intended use envisaged in urban plans. Such discrepancies require more sophisticated models for sustainable land management.
Most methodological approaches, including "InVEST", "ARIES" and "Bayesian Network" (Almenar *et al.*, 2021; Bellamy *et al.*, 2011; Drakou *et al.*, 2015), evaluate ESs in a static state, without adequately considering territorial transformations resulting from urban policies. To overcome this limitation, experiences, such as those of the Piedmont municipalities of Collegno (Fig. 1), Chieri, None and Moncalieri, show the value of strategies that combine the evaluation of ESs (Fig. 2) with the prediction of future scenarios (Regione Piemonte, 2022). For example, the recovery of the Dora Park in Collegno has improved water regulation, while Chieri has implemented ecological corridors for biodiversity (Regione Piemonte, 2022). None and Moncalieri have, instead, focused on green roofs and urban forestation to counteract the heat island effect.
A further example of innovation is provided by Zurich"s Digital Twin (Schrotter and Hürzeler, 2020), which integrates 3D geospatial data to simulate urban development scenarios and ensure more effective planning. This system, supported by Open Government Data and regulated by the federal law on geoinformation (*SR 510.62*, 2007), aligns with the INSPIRE standards of the European Commission (*INSPIRE Knowledge Base – European Commission*, 2025).
These cases demonstrate the importance of adopting a dynamic approach to ecosystem assessment, which considers territorial transformations over time. A predictive methodology allows modelling the evolution of ESs in response to changes in land use, climate change and urban planning policies, transforming the evaluation of ESs into a strategic element for urban and territorial planning.

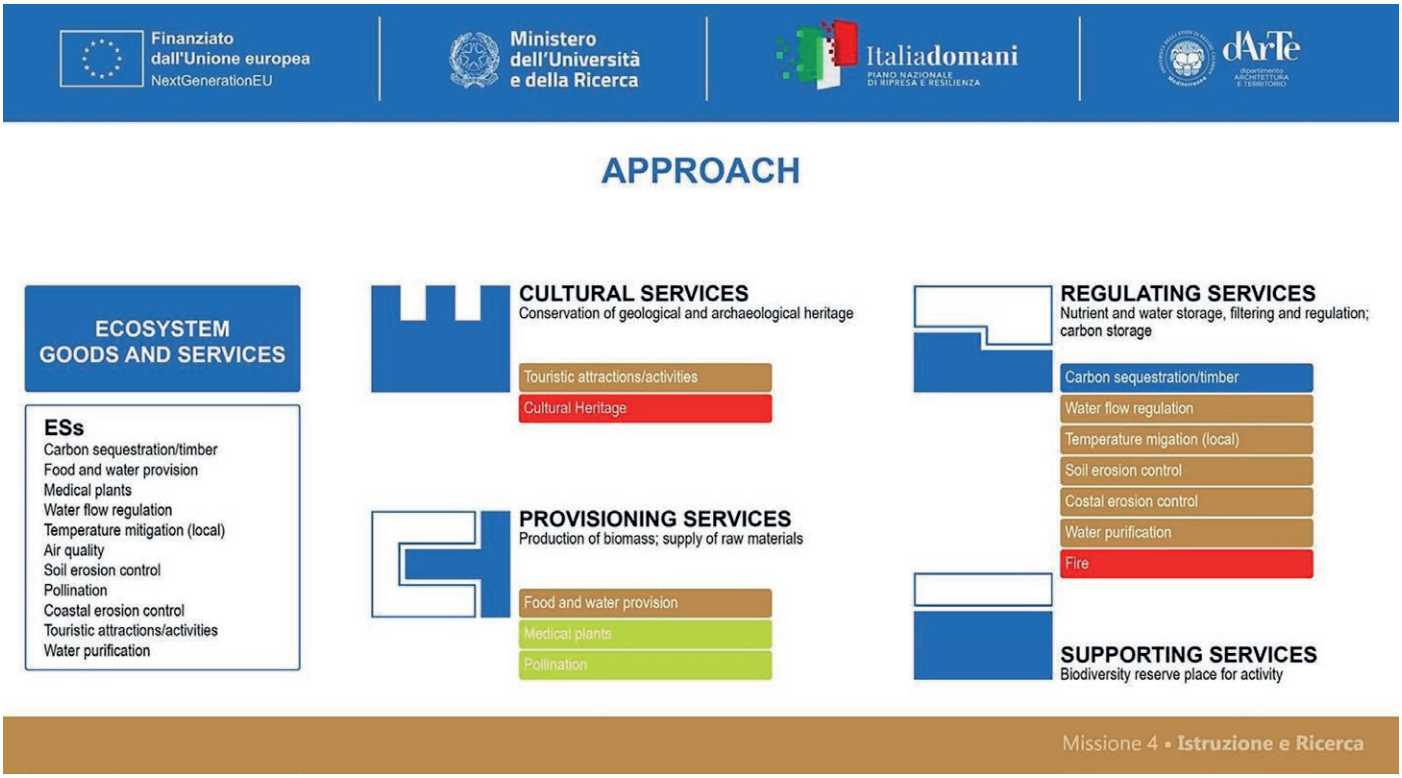
Approach and Methodology of the Pilot Project 4.6.1

From the state of the art, it emerges that ESs are nothing more than the result of ecological, social, cultural and interaction processes, as well as the result of a historical coevolution of uses, rules of use, social norms and natural processes (Santolini, 2010).
Starting from these considerations, the methodological approach of Pilot Project 4.6.1 is based on the classification of ESs according to the MEA (2005) (Fig. 3), and adopts a cascade model, inspired by Natural England[3] (NE) (2011) and CQuEL[4], which organises the analysis of ESs in four phases (Fig. 4), precisely selection and definition of the service, analysis of ecosystem properties, identification of indicators and urban parameters (Fig. 5) (Balvanera *et al.*, 2022; InVEST Models | The Natural Capital Project, 2021; Saatchi *et al.*, 2011), and identification of data sources (Fig. 6). This method guarantees a coherent integration between ecosystem assessment and territorial planning.
Based on this approach, to date, we are

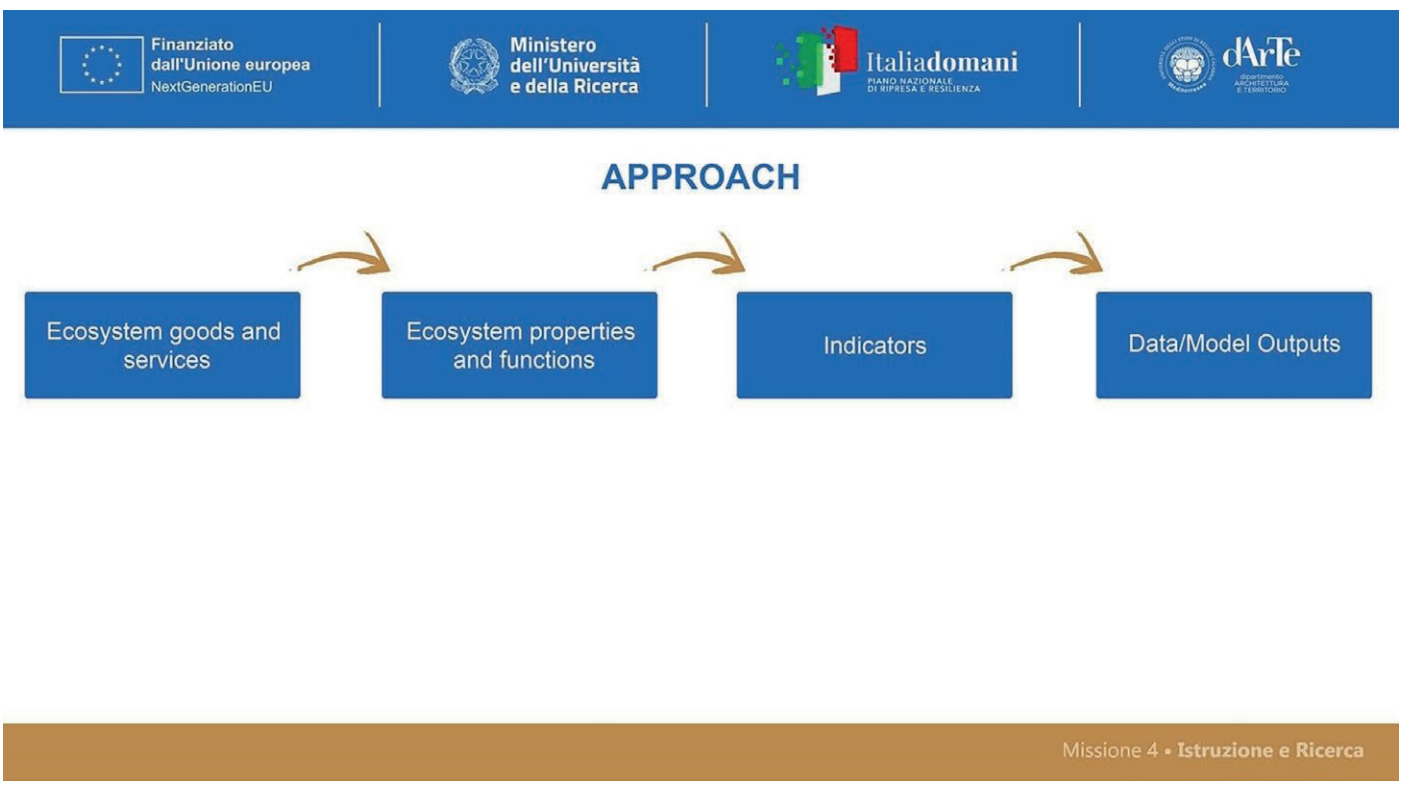
03 | Classificazione degli ESs a partire dalla classificazione del MEA, 2005. Elaborazione a cura del P.P. 4.6.1, tutti i diritti sono riservati
Classification of ESs starting from the MEA classification, 2005. Elaboration by P.P. 4.6.1, all rights reserved

04 | Approccio del PP 4.6.1. Elaborazione a cura del P.P. 4.6.1, tutti i diritti sono riservati
P.P. approach 4.6.1. Elaboration by P.P. 4.6.1, all rights reserved

03 |

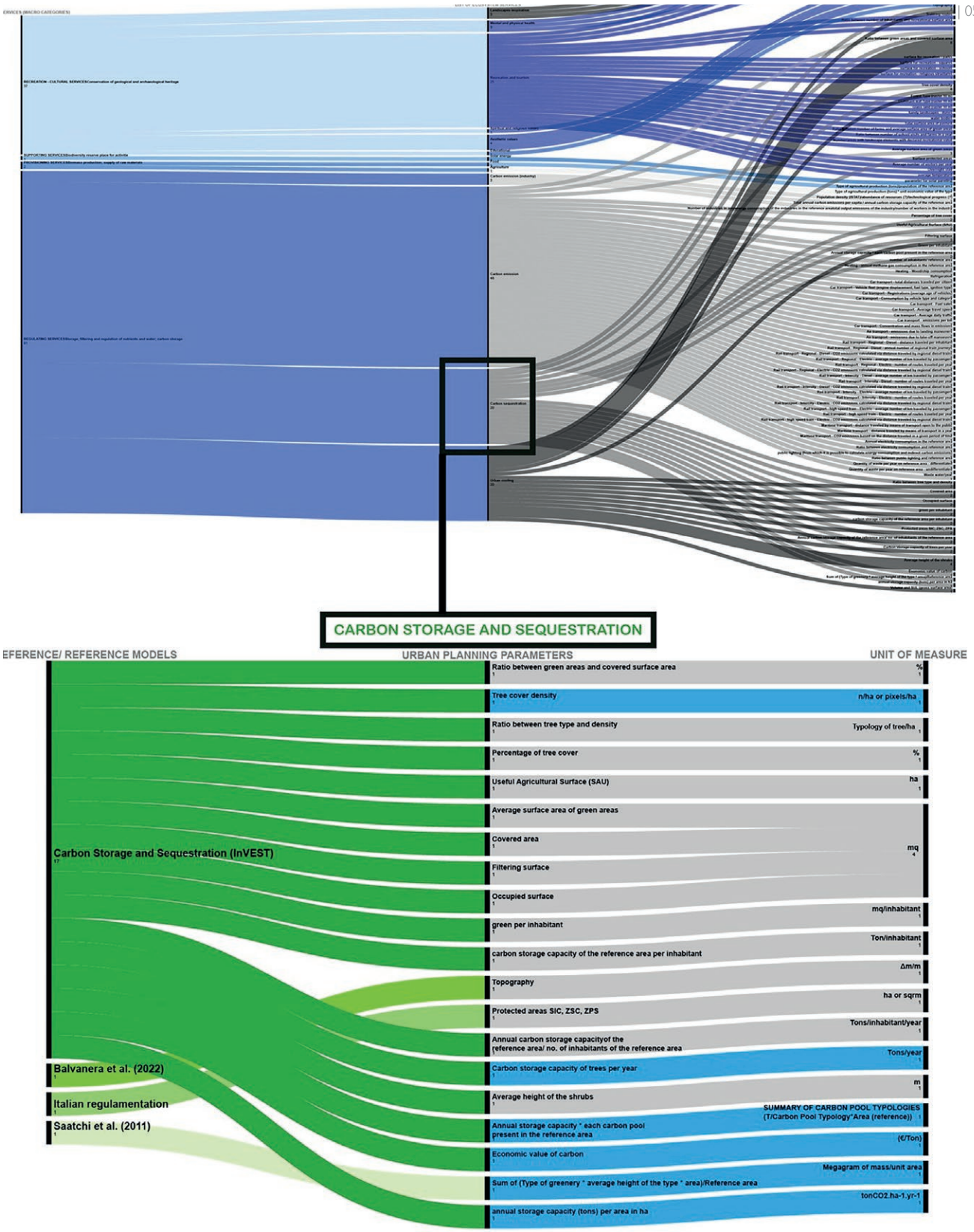


04 |



05 | Elaborazione dalla griglia sinottica "ESs e parametri urbanistici". Nella figura è visibile quando ad un parametro urbanistico (a destra) è legato a più ESs (al centro). In basso è presente un approfondimento per "Carbon storage and sequestration" con i parametri ripresi nello studio evidenziati in blu. Elaborazione a cura del P.P. 4.6.1, tutti i diritti sono riservati

Elaboration from the synoptic grid "ESs and urban planning parameters". In the figure it is visible when an urban planning parameter (on the right) is linked to multiple ESs (in the centre). Below is an in-depth analysis for "Carbon storage and sequestration" with the parameters included in the study highlighted in blue. Elaboration by P.P. 4.6.1, all rights reserved



06 | Approccio metodologico per l'*assesment* degli ESs con esempio di utilizzo per l'individuazione del parametro e della disponibilità dell'ES "*carbon sequestration*". Elaborazione a cura del P.P. 4.6.1, tutti i diritti sono riservati

Methodological approach for the assessment of ESs with an example of use for the identification of the parameter and availability of the ES "carbon sequestration"

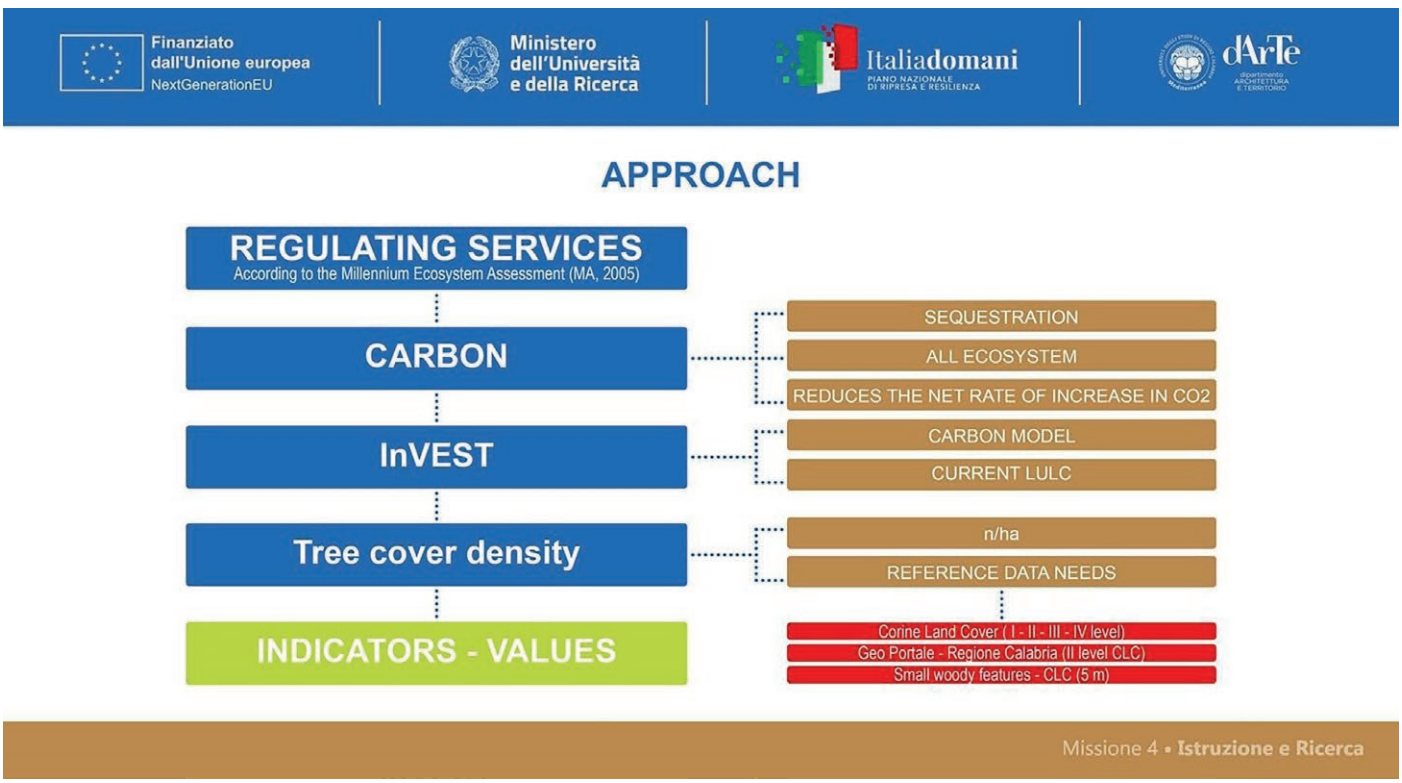
patura, rappresenta il compromesso tra approcci più semplici e approcci più complessi (Kareiva, 2011). Tuttavia, la quantificazione diretta degli ESs risulta complessa poiché dipende dalla disponibilità di dati territoriali e ambientali. Per ovviare a tale criticità, il modello sviluppato nel P.P. 4.6.1 include una mappatura dettagliata degli ESs nell'area di Reggio Calabria, individuando parametri chiave per l'estrazione e la valutazione dei dati. Un esempio applicativo è l'analisi del carbon storage, che utilizza modelli open source come "InVEST" (2021) e "ARIES" (Giuseppi *et al*., 2024) per quantificare il sequestro di carbonio, basandosi su dataset quali Corine Land Cover (2024) e il Geo Portale della Regione Calabria.

Questo approccio è stato esteso a una selezione di ESs prioritari, fondamentali per la pianificazione urbanistica:

- Raffrescamento urbano (*Urban Cooling*): valutato attraverso modelli di "InVEST" (*InVEST Models | The Natural Capital Project*, 2021) e correlato alla presenza di aree verdi superiori a 2 ettari (Hamel *et al*., 2023; Vaz Monteiro *et al*., 2016; Zardo *et al*., 2017; Zawadzka *et al*., 2021).
- Stoccaggio di carbonio: connesso all'estensione e alla qualità della vegetazione urbana, modellato sulla base delle metodologie di Maes *et al*. (2020).
- Emissione di carbonio: sulla base delle stime con alla base gli attestati di prestazione energetica (APE) utilizzati come campione (Guida, 2015)
- Ritenzione idrica e controllo del deflusso (*water yield, nutrient retention, sediment retention*): fondamentale per la gestione del rischio idraulico e per la pianificazione di infrastrutture verdi e blu (European Commission. Directorate General for the Environment., 2016).
- Qualità dell'habitat: correlata all'integrità e alla biodiversità delle aree verdi urbane (Zawadzka *et al*., 2021).
- *Crop Production*: considerando che la prestazione ecosistemica dei terreni a produzione agricola risulta generalmente minore rispetto alle aree boschive (Giaimo and Barbieri, 2018);
- Recreation and Tourism: nonostante la difficoltà della valutazione dei Cultural Ecosystem Services (Hølleland *et al*., 2017), risulta il più connesso ad indicatori di pressione (fig. 4) ed è quindi il CS potenzialmente più utile per la sperimentazione.

La loro valutazione permetterà di costruire scenari predittivi e di sviluppare strumenti operativi per la gestione adattativa del territorio. La piattaforma del PP, in corso di implementazione, integra questi ESs, mirando al supporto decisionale avanzato per la resilienza urbana e la mitigazione degli impatti ambientali.

06 |



Esempio di applicazione di "InVEST" sul territorio di Reggio Calabria per l'ES "Carbon storage"

Il trasferimento tecnologico gioca un ruolo chiave nel colmare il divario tra la valutazione teorica degli ESs e la loro applicazione nella pianificazione urbanistica. Per dimostrare tale integrazione, è stata effettuata un'analisi del delta del servizio ecosistemico "*Carbon Storage and Sequestration*" nel centro storico di Reggio Calabria (RC) tra il 2018 e il 2021, utilizzando il modello "InVEST" (2021). I dati sono stati elaborati a partire dal *Corine Land Monitoring Services* (CLC) (2024), dai *carbon stock* medi per uso del suolo (Conforti *et al*., 2016; Khachoo *et al*., 2024; O'Riordan, 2021; Rumpel *et al*., 2023) e da visualizzazioni in ambiente GIS. L'analisi si concentra sugli impatti della costruzione di una sezione del *waterfront* progettato dallo studio Zaha Hadid (fig. 7), che ha comportato una sigillazione del suolo e una conseguente perdita di capacità di stoccaggio del carbonio. La valutazione è stata condotta attraverso un processo in quattro fasi:

1. Associazione dei valori medi di *carbon stock*, per le 4 tipologie (*aboveground, belowground, soil, dead biomass*) per ognuna delle 11 tipologie di uso del suolo del CLC (tab. 1) sulla base di database (Spawn and Gibbs, 2020) e letteratura (Conforti *et al*., 2016; Khachoo *et al*., 2024; O'Riordan, 2021; Rumpel *et al*., 2023);
2. Importazione sul modello "InVEST" "*Carbon storage and sequestration*" dei geodata relativi sull'uso del suolo per l'anno 2018 e l'anno 2021 estratti da *Corine Land Monitoring services*, insieme alla tabella "*carbon pools*" (tab.1);
3. Misurazione tramite "InVEST" del servizio ecosistemico e del delta (perdita o guadagno) dello stesso tra il 2018 ed il 2021;
4. Visualizzazione del Delta con zoom per la zona di intervento in fig. 7, e successiva osservazione rispetto agli Ambiti Territoriali Unitari.

In tab.1 per la categoria *sealed*, seppur come ipotesi di valore, per considerare anche le piccole aree verdi presenti sul suolo urbano, è stata utilizzata la media del totale di *carbon stock* per le aree "*Sealed anthropogenic*" del database di O'Riordan (2021). Il valore medio è di 52,2 Mg/ha. Questo valore è stato diviso per 3 ed è stato utilizzato per 3 della 4 categorie di suolo dato che per *Deadwood biomass* non sono stati trovati dati utili per le 11 categorie di LULC, infine un Mg/ha dei 52, 2 iniziali è stato considerato come valore di *deafault c_above below* dato che questo è verosimilmente dovuto a "*Lichens and mosses*" (O'Riordan, 2021). Inoltre, si fa noto che i valori della tipologia di LULC detta "*Lichens and mosses*" sono stati ricavati dalla letteratura (Conti *et al*., 2024; Smith *et al*., 2004; Von Brackel and Puntillo, 2016). In ultimo, per ottenere la visualizzazione del Delta di default dal modello di "InVEST", dei due scenari, sono stati tratti i seguenti valori dalla letteratura[5]:

– *Price Of Carbon (number) (currency units/t)* = 74 (*Carbon price in the EU will reach €74/t in 2025 – ING forecast*, 2024);
– *Annual Market Discount Rate (ratio: a decimal from* 0 – 1) = 0,07 (*Carbon price in the EU will reach €74/t in 2025 – ING forecast*, 2024; *EU-ETS Price 2023-2025*, 2025; Twidale, 2024);
– *Annual Price Change* (ratio: a decimal from 0 – 1) = 0,05 (*Carbon price in the EU will reach €74/t in 2025 – ING forecast*, 2024; *EU-ETS Price 2023-2025*, 2025; Twidale, 2024).

I dati della tab. 1 sono stati successivamente importati nel modello "InVEST" insieme ai geodata da CLC per l'Area in esame

proceeding with the mapping of the ESs already analysed by the P.P. 4.6.1 T4Y research group in the RC area taken as a case study. This mapping compromises between simpler and more complex approaches (Kareiva, 2011). However, the direct quantification of ESs is complex as it depends on the availability of territorial and environmental data. To overcome this criticality, the model developed in the P.P. 4.6.1 includes detailed mapping of ESs in the Reggio Calabria area, identifying key parameters for data extraction and evaluation. An application example is the analysis of carbon storage, which uses open-source models such as "InVEST" (2021) and "ARIES" (Giuseppi *et al*., 2024) to quantify carbon sequestration, based on datasets such as Corine Land Cover (2024) and the Geo Portal of the Calabria Region.
This approach has been extended to a selection of Ess essential for urban planning:

– Urban Cooling: evaluated through "InVEST" models (InVEST Models | The Natural Capital Project, 2021) and correlated to the presence of green areas greater than 2 hectares *(Hamel et al*., 2023; Vaz Monteiro *et al*., 2016; Zardo *et al*., 2017; Zawadzka *et al*., 2021);
– Carbon storage: connected to the extent and quality of urban vegetation, modelled based on the methodologies of Maes *et al.* (2020);
– Carbon emission: taking into account estimates based on the energy performance certificates (APE) used as a sample (Guida, 2015);
– Water retention and runoff control (water yield, nutrient retention, sediment retention): crucial for managing hydraulic risk and planning green and blue infrastructures (European Commission. Directorate General for the Environment, 2016);
– Habitat quality: related to the integrity and biodiversity of urban green areas (Zawadzka *et al*., 2021);
– Crop Production: considering that the ecosystem performance of agricultural production land is generally lower than wooded areas (Giaimo and Barbieri, 2018);
– Recreation and Tourism: despite the difficulty of evaluating Cultural Ecosystem Services (Hølleland *et al*., 2017), it is the most connected to pressure indicators (Fig. 4) and is, therefore, the CS potentially most useful for experimentation.

Their evaluation will allow us to build predictive scenarios and develop operational tools for the adaptive management of the territory. The PP platform, currently being implemented, integrates these ESs, aiming at advanced decision support for urban resilience and the mitigation of environmental impacts.

Example of application of "InVEST" in the Reggio Calabria area (Italy) for the ES "Carbon storage"

Technology transfer plays a key role in bridging the gap between the theoretical evaluation of ESs and their application in urban planning. To demonstrate this integration, an analysis of the delta of the ecosystem service "Carbon Storage and Sequestration" was carried out in the historic centre of Reggio Calabria (RC) between 2018 and 2021, using the InVEST model (2021). The data were processed starting from the Corine Land Monitoring Services (CLC) (2024), from average carbon stocks by land use (Conforti *et al*., 2016; Khachoo *et al*., 2024;

07 | Confronto tra sezione *waterfront* di RC nel 2018 (sinistra) e 2021 (destra). Elaborazione a cura del P.P. 4.6.1, tutti i diritti sono riservati
Comparison between the RC waterfront section in 2018 (left) and 2021 (right). Elaboration by P.P. 4.6.1, all rights reserved

Tab. 01 | Valori medi di carbon pool, in Mg/ha, per tipologia di LULC utilizzata per il modello "InVEST". Elaborazione a cura del P.P. 4.6.1, tutti i diritti sono riservati
Average carbon pool values, in Mg/ha, by type of LULC used for the "InVEST" model. Elaboration by P.P. 4.6.1, all rights reserved

07 |

negli scenari 2018 e 2021. In seguito, è stato ricavato il delta dei valori al pixel (fig. 8).
In Fig. 8 è presente la visualizzazione del delta sulla *basemap*, raffrontatata con la tav. 0.1B del PSC di RC, i valori dal giallo al rosso sono in Mg/pixel. Dalla figura si evince come per le parti più scure ci sia stata una perdita di *carbon storage*, calcolata da "InVEST" in termini monetari. Tuttavia, si noti come questa misurazione risulti imprecisa. Non è stata infatti rilevata nei geodata CLC la completa sigillazione del suolo dovuta all'intervento sul *waterfront* (Fig. 7).

Un ulteriore considerazione va fatta in relazione alla macrozonizzazione del PSC (Fig. 8) e delle aree a carattere specifico (in questo caso "*area that suffered documented coseismic effects*"). Una strategia mirata alla non depauperazione degli ESs potrebbe andare invece a considerare tali aspetti dello stato di fatto, in parallelo agli strumenti normativi e alle rappresentazioni legate a questi ultimi (es. PSC). Ad esempio, tenendo conto dell'area "*Class 2*" della tav 0.1B del PSC potrebbe essere possibile visualizzare scenari di adattamento e mitigazione rispetto alla perdita del servizio ecosistemico.

O'Riordan, 2021; Rumpel *et al*., 2023), and from visualisations in a GIS environment.
The analysis focuses on the impacts of the construction of part of the waterfront designed by Studio Zaha Hadid (Fig. 7), which resulted in soil sealing and a consequent loss of carbon storage capacity. The evaluation was conducted through a four-step process:
1. Association of average carbon stock values for the 4 typologies (aboveground, belowground, soil, dead biomass) for each of the 11 land use typologies of the CLC (tab. 1) based on databases (Spawn and Gibbs, 2020) and literature (Conforti *et al*., 2016; Khachoo *et al*., 2024; O'Riordan, 2021; Rumpel *et al*., 2023);
2. Importation onto the "InVEST" "Carbon storage and sequestration" model of the geodata relating to land use for the year 2018 and the year 2021 extracted from Corine Land Monitoring services, together with the "carbon pools" table (Tab. 1);
3. Measurement through "InVEST" of the ecosystem service and the delta (loss or gain) thereof between 2018 and 2021;
4. Delta visualisation with zoom for the intervention area in Fig. 7 and subsequent observation with respect to the Unitary Territorial Areas.

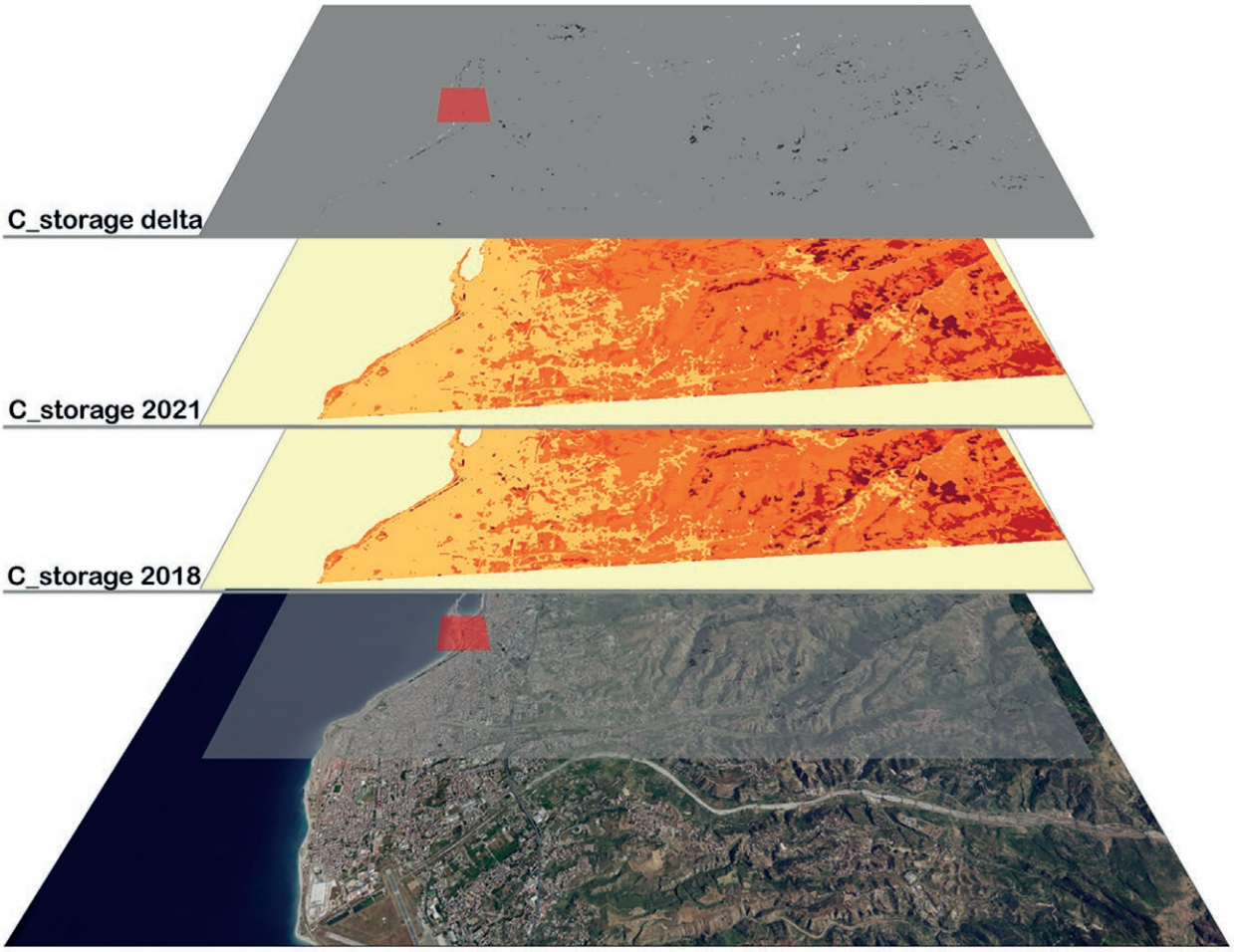
The average of the total carbon stock for the "sealed anthropogenic" areas of the O'Riordan database (2021) was used in Tab. 1 for the sealed category, albeit as a value hypothesis, to also consider the small green areas present in the urban area. The average value is 52.2 Mg/ha. This value was divided by 3 and was used for 3 of the 4 soil catego-

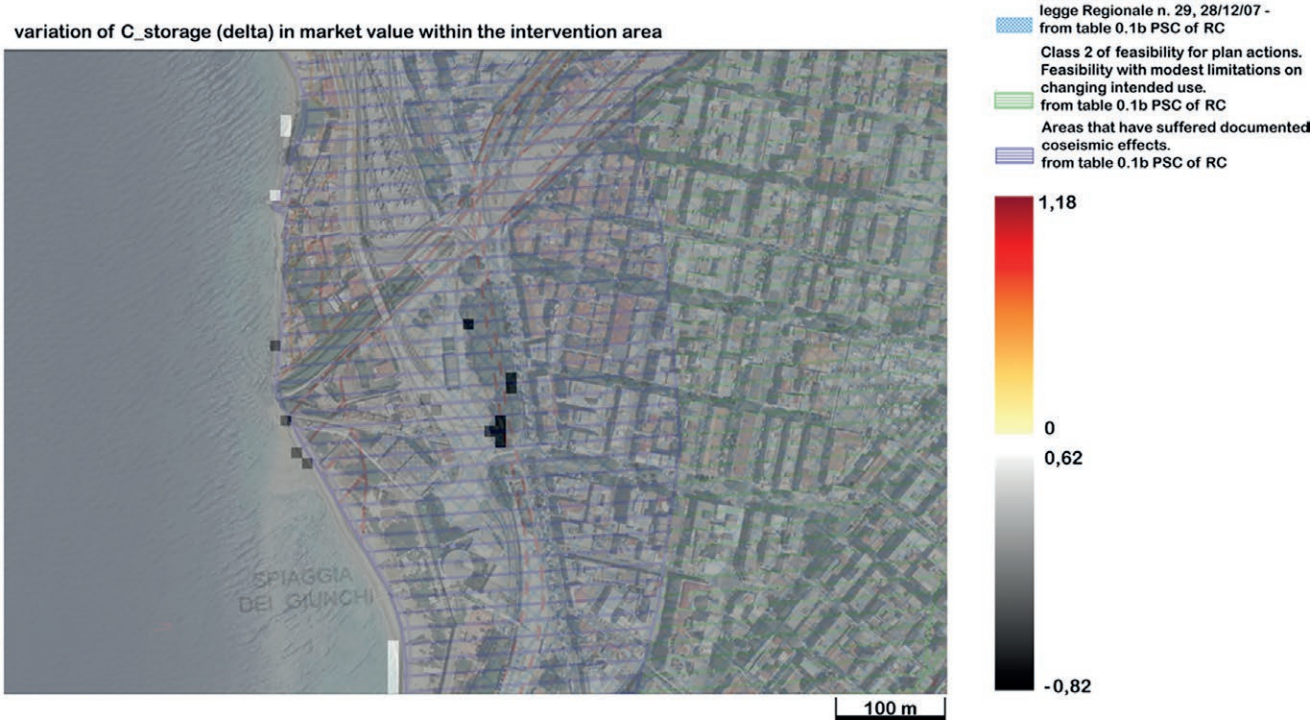
| Tab. 01

LU code	LULC name	Above-ground biomass (Mg/ha) C_above	Be-lowground biomass (Mg/ha) C_below	Soil organic ground biomass (Mg/ha) C_soil	Deadwood biomass (Mg/ha) C_dead
1	Sealed	17.06	1	17.06	0
2	Woody needle leaved trees	38.791	14.254	65.058	0
3	Woody broadleaved deciduos trees	31.499	12.384	60.555	0
4	Woody broadleaved evergreen trees	11.987	6.34	49.451	0
5	Low-growing woody	13.794	8.338	52.388	0
6	Permanent herbaceous	8.8	5.366	49.432	0
7	Periodically herbaceous	4.433	4.248	46.167	0
8	Lichens and mosses	1	0.2	20	0
9	Non and sparsely vegetated	10.479	5.381	46.843	0
10	Water	0	0	0	0
11	Snow and ice	0	0	0	0
253	Outside area	0	0	0	0
254	No data	0	0	0	0
255	No data	0	0	0	0

08 | La figura mostra l'*overlay* dei risultati del modello "InVEST", basato sui dati CLC e i valori della tab. 1, evidenziando la variazione (in termini monetari) del servizio ecosistemico. Nella parte inferiore, il delta è visualizzato sulla *basemap* e confrontato con la tav. 0.1B del PSC di RC. Elaborazione a cura del P.P. 4.6.1, tutti i diritti sono riservati

The figure shows the overlay of the results of the "InVEST" model, based on the CLC data and the values of Tab. 1, highlighting the variation (in monetary terms) of the ecosystem service. At the bottom, the delta is displayed on the basemap and compared to the table. 0.1B of RC PSC. Elaboration by P.P. 4.6.1, all rights reserved





Analisi dei risultati e considerazioni sulle prossime soluzioni proposte dal PP 4.6.1

Il Progetto Pilota 4.6.1 propone un approccio integrato per superare le criticità emerse nell'analisi del *carbon storage and sequestration*, combinando dati *site-based*, modelli predittivi e strumenti avanzati di valutazione ambientale. L'obiettivo è sviluppare scenari adattivi per la stesura di Piani di Adattamento Climatico basati su dati dinamici e scalabili.

Per migliorare la precisione della valutazione degli ESs, il progetto implementa un modello site-based per rilevare in tempo reale le impronte ecologiche dinamiche delle Unità Territoriali Minime (UTM) (come quella trattata per l'analisi in fig. 8). Questo permette di affinare le stime, tenendo conto della reale sigillazione del suolo e delle variazioni nei servizi ecosistemici chiave per la pianificazione adattativa. Parallelamente, vengono sviluppati scenari previsionali attraverso la definizione delle Unità Territoriali Ottimali (UTO), combinando l'analisi delle vulnerabilità urbane con tecnologie di simulazione digitale.

L'uso di un *Digital Twin*, associato all'intelligenza artificiale, consentirà di monitorare in tempo reale le variazioni degli ESs in relazione alle trasformazioni urbane. Inoltre, la Camera di Intelligenza Climatica (CIC), in fase prototipale, permetterà la riproduzione controllata delle dinamiche ambientali, migliorando la calibrazione dei modelli previsionali.

Integrati in una piattaforma avanzata, questi strumenti contribuiranno all'evoluzione del TRL del progetto, favorendo il trasferimento tecnologico e la creazione di soluzioni applicabili per la pianificazione urbanistica. In ultimo, i dati certificati garantiranno una più efficace integrazione degli ESs nelle strategie decisionali, ponendo le basi per una pianificazione territoriale innovativa e resiliente alle sfide ambientali.

ATTRIBUZIONE E RICONOSCIMENTI

Le seguenti sezioni del presente articolo sono state redatte dai rispettivi autori:

- Servizi ecosistemici e pianificazione urbanistica – scritto da Francesca Moraci
- Stato dell'arte: I casi studio di Zurigo (Switzerland), Chieri (TO), None (TO), Collegno (TO), Moncalieri (TO) – scritto da Alessandra Barresi
- Approccio e metodologia del Progetto Pilota 4.6.1 – scritto da Francesco Trimboli
- Esempio di applicazione di "InVEST" nell'area di Reggio Calabria (Italy) per l'ES "*Carbon storage*" – scritto da Pietro Bova
- Analisi dei risultati e considerazioni sulle prossime soluzioni proposte dal PP 4.6.1 – scritto da Francesca Moraci, Alessandra Barresi, Francesco Trimboli, Pietro Bova

Questo lavoro di ricerca è il risultato delle attività di ricerca condotte nell'ambito del seguente progetto di ricerca PNRR finanziato dall'Unione Europea – NextGenerationEU: "Pilot Project 4.6.1 "Climate adaptation plans for the reduction of the ecological footprint and ecological debt, aimed at improving the conservation and transformation response in terms of resilience and quality of life in the Calabrian and Lucanian urban and territorial systems" (Goal 4.6 – Planning for Climate Change to boost cultural and natural heritage: demand-oriented ecosystem services based on enabling ICT and AI technologies – Tech4You Innovation Ecosystem), Founded by European Union – Next Generation EU, Missione 4 – Componente 2 – CUP C33C22000290006 (ECS_00000009).

NOTE

[1] Il Progetto Pilota mira a sviluppare approcci innovativi, integrati e sistemici per ridurre la vulnerabilità ai cambiamenti climatici, attraverso interventi

ries, given that for deadwood biomass no useful data were found for the 11 LULC categories. Ultimately, one Mg/ha of the initial 52.2 was considered as the default value c_above below, given that this is likely due to "lichens and mosses" (O'Riordan, 2021). Furthermore, it should be noted that the values of the LULC typology called "lichens and mosses" were obtained from the literature (Conti *et al*., 2024; Smith *et al*., 2004; Von Brackel and Puntillo, 2016). Finally, to obtain the display of the default Delta from the "InVEST" model of the two scenarios, the following values were taken from the literature[5]:

- Price Of Carbon (number) (currency units/t) = 74 (*Carbon price in the EU will reach €74/t in 2025 – ING forecast*, 2024);
- Annual Market Discount Rate (ratio: a decimal from 0 – 1) = 0.07 (*Carbon price in the EU will reach €74/t in 2025 – ING forecast*, 2024; *EU-ETS Price 2023-2025*, 2025; Twidale, 2024);
- Annual Price Change (ratio: a decimal from 0 – 1) = 0.05 (*Carbon price in the EU will reach €74/t in 2025 – ING forecast*, 2024; *EU-ETS Price 2023-2025*, 2025; Twidale, 2024).

The data in Tab. 1 were subsequently imported into the "InVEST" model together with the geodata from CLC for the area under consideration in the 2018 and 2021 scenarios. Subsequently, the delta of the pixel values was obtained (Fig. 8).

Fig. 8 presents a visualisation of the delta on the basemap, compared with the table. 0.1B of the RC PSC, the values from yellow to red are in Mg/pixel. The figure indicates that for the darker parts there was a loss of carbon storage, calculated by "InVEST" in monetary terms. However, note how this measurement lacks precision. In fact, complete sealing of the soil due to the intervention on the waterfront was not detected in the CLC geodata (Fig. 7).

A further consideration must be made in relation to the macrozoning of the PSC (Fig. 8) and of the specific areas (in this case, "area that suffered documented coseismic effects"). A strategy aimed at not depleting ESs could, instead, consider these aspects of the current state of affairs in parallel with the regulatory instruments and representations linked to the latter (e.g., PSC). For example, taking into account the "Class 2" area of table 0.1B of the PSC, it may be possible to visualise adaptation and mitigation scenarios with respect to the loss of the ecosystem service.

Results analysis and consideration on the next proposals by P.P. 4.6.1.

Pilot Project 4.6.1 proposes an integrated approach to overcome the critical issues that emerged in the analysis of carbon storage and sequestration, combining site-based data, predictive models and advanced environmental assessment tools. The objective is to develop adaptive scenarios for the draughting of climate adaptation plans based on dynamic and scalable data.

To improve the precision of the evaluation of ESs, the project implements a site-based model to detect, in real time, the dynamic ecological footprints of Minimum Territorial Units (MTUs) (such as the one treated for the analysis in Fig. 8). This allows estimates to be refined, taking into account actual soil sealing and variations in key ecosystem services for adaptive planning.

At the same time, forecast scenarios are developed through the definition of Optimal Territorial Units (UTO), combining the analysis of urban vul-

di pianificazione urbanistica e territoriale che coinvolgano sia le infrastrutture fisiche sia le politiche di gestione e governo del territorio, adottando un paradigma orientato alla sostenibilità e resilienza urbana.

[2] *The Economics of Ecosystems and Biodiversity* (TEEB) è un'iniziativa globale focalizzata sul "rendere visibili i valori della natura". Il suo obiettivo principale è integrare i valori della biodiversità e dei servizi ecosistemici nel processo decisionale a tutti i livelli. Fonte: https://teebweb.org/ (consultato il 20/02/2025)

[3] *Natural England* è un ente pubblico esecutivo non dipartimentale, sponsorizzato dal Dipartimento per l'ambiente, l'alimentazione e gli affari rurali. Il suo scopo è quello di contribuire a conservare, migliorare e gestire l'ambiente naturale a beneficio delle generazioni presenti e future.

[4] CQuEL, acronimo di "*Character and Quality of England's Landscapes*", è il principale progetto di monitoraggio integrato di Natural England. CQuEL fornisce *place-based evidence* sul carattere e la funzione dei paesaggi e sulla fornitura e la qualità degli ESs selezionati, forniti dall'ambiente naturale dell'Inghilterra.

[5] Questi valori stimano la perdita di carbonio se il cambio d'uso del suolo avvenisse con le condizioni di mercato attuali. Tra il 2018 e il 2021, il prezzo del carbonio è salito da 8 a circa 60 euro per ton (Bua *et al*., 2021), registrando la variazione più marcata dal 2005 (EUA Price History, 2024). I valori di mercato attuali rendono una stima plausibile per la visualizzazione del delta con "InVEST".

REFERENCES

Almenar, J. B., Elliot, T., Rugani, B., Philippe, B., Gutierrez, T. N., Sonnemann, G., and Geneletti, D. (2021). Nexus between nature-based solutions, ecosystem services and urban challenges. *Land use policy*, *100*, 104898, available at: https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.104898

Arcidiacono, A., Ronchi, S., and Salata, S. (2015). L'approccio ecosistemico nella pianificazione di area vasta: Il Piano Paesaggistico Regionale della Lombardia. In *Nuove sfide per il suolo. Rapporto 2016* (pp. 43–49). INU Edizioni, available at: https://hdl.handle.net/11311/969708

Balvanera, P., Brauman, K. A., Cord, A. F., Drakou, E. G., Geijzendorffer, I. R., Karp, D. S., Martín-López, B., Mwampamba, T. H., and Schröter, M. (2022). Essential ecosystem service variables for monitoring progress towards sustainability. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, *54*, 101152, available at: https://doi.org/10.1016/j.cosust.2022.101152

Bellamy, P., Camino, M., Harris, J., Corstanje, R., Holman, I., and Mayr, T. (2011). Monitoring and modelling ecosystem services: A scoping study for the ecosystem services pilots. *Natural England Commissioned Report NECR073, Cranfield*, *277*.

Boyd, J., and Banzhaf, S. (2007). What are ecosystem services? The need for standardized environmental accounting units. *Ecological Economics*, *63*(2), 616–626, available at: https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2007.01.002

Bua, G., Kapp, D., Kuik, F., and Lis, E. (2021). *EU emissions allowance prices in the context of the ECB's climate change action plan*, available at: https://www.ecb.europa.eu/press/economic-bulletin/focus/2021/html/ecb.ebbox202106_05~ef8ce0bc70.en.html

Caldarice, O., and Salata, S. (2019). Valutare i Servizi Ecosistemici nel Piano come Risposta alla Vulnerabilità Territoriale. Una Riflessione Metodologica a partire dalla Proposta di Legge sul Consumo di Suolo in Piemonte. *Valori e Valutazioni*, *22*.

Carbon price in the EU will reach €74/t in 2025—ING forecast. (2024), available at: https://gmk.center/en/news/carbon-price-in-the-eu-will-reach-e74-t-in-2025-ing-forecast/

Chiarle, C., Meoli, R., Giaimo, C., and Salata, S. (2018). *Progetto di suolo e valutazione dei servizi ecosistemici: Il programma Collegno rigenera. Land planning and ecosystem services assessment: the Collegno Rigenera programme*. https://iris.polito.it/handle/11583/2713900?mode=full

Conforti, M., Lucà, F., Scarciglia, F., Matteucci, G., and Buttafuoco, G. (2016). Soil carbon stock in relation to soil properties and landscape posi-

nerabilities with digital simulation technologies.

The use of a digital twin, associated with artificial intelligence, will allow changes in ESs to be monitored in real time in relation to urban transformations. Furthermore, the Climate Intelligence Chamber (CIC), in the prototype phase will allow the controlled reproduction of environmental dynamics, improving the calibration of forecast models.

Integrated into an advanced platform, these tools will contribute to the evolution of the project's TRL, promoting technology transfer and the creation of applicable solutions for urban planning. Finally, the certified data will guarantee a more effective integration of ESs into decision-making strategies, laying the foundations for innovative territorial planning that is resilient to environmental challenges.

ATTRIBUTION AND ACKNOWLEDGMENTS

The following sections of this article were written by the respective authors:

- Introduction: Ecosystem services and urban planning – written by Francesca Moraci
- State of the art: The case studies of Zurich (Switzerland), Chieri (TO), None (TO), Collegno (TO), Moncalieri (TO) – written by Alessandra Barresi
- Approach and Methodology of the Pilot Project 4.6.1 – written by Francesco Trimboli
- Example of application of "InVEST" in the Reggio Calabria area (Italy) for the ES "Carbon storage" – written by Pietro Bova
- Results analysis and consideration on the next proposals by P.P. 4.6.1 – written by Francesca Moraci, Alessandra Barresi, Francesco Trimboli, Pietro Bova.

This research work is the result of the research activities conducted within the following PNRR research project funded by the European Union – NextGenerationEU: "Pilot Project 4.6.1 "Climate adaptation plans for the reduction of the ecological footprint and ecological debt, aimed at improving the conservation and transformation response in terms of resilience and quality of life in the Calabrian and Lucanian urban and territorial systems" (Goal 4.6 – Planning for Climate Change to boost cultural and natural heritage: demand-oriented ecosystem services based on enabling ICT and AI technologies – Tech4You Innovation Ecosystem), Founded by European Union – Next Generation EU, Missione 4 – Componente 2 – CUP C33C22000290006 (ECS_00000009).

NOTES

[1] The Pilot Project aims to develop innovative, integrated and systemic approaches to reduce vulnerability to climate change through urban and territorial planning interventions that involve both physical infrastructures and land management and governance policies, adopting a paradigm orientated towards sustainability and urban resilience.

[2] The Economics of Ecosystems and Biodiversity (TEEB) is a global initiative focused on "making nature's values visible". Its principal objective is to mainstream the values of biodiversity and ecosystem services into decision-making at all levels. Source: https://teebweb.org/ (consulted on 20/02/2025)

[3] Natural England is an executive non-departmental public body, sponsored by the Department for Environment,

tion in a forest ecosystem of southern Italy (Calabria region). *Catena*, *144*, 23–33, available at: https://doi.org/10.1016/j.catena.2016.04.023

Conti, M., Martellos, S., Moro, A., Nimis, P. L., and Puntillo, D. (2024). The dataset of the CLU lichen herbarium (Calabria, Italy). *Biodiversity Data Journal*, *12*, e116965, available at: https://doi.org/10.3897/BDJ.12.e116965

CORINE Land Cover. (2024). https://land.copernicus.eu/en/products/corine-land-cover

Drakou, E. G., Crossman, N. D., Willemen, L., Burkhard, B., Palomo, I., Maes, J., and Peedell, S. (2015). A visualization and data-sharing tool for ecosystem service maps: Lessons learnt, challenges and the way forward. *Ecosystem Services*, *13*, 134–140, available at: https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2014.12.002

Ecosystems and human well-being: Synthesis; a report of the Millennium Ecosystem Assessment. (2005). Island Press.

EU-ETS price 2023-2025. (2025). Statista. https://www.statista.com/statistics/1322214/carbon-prices-european-union-emission-trading-scheme/

European Commission. Directorate General for the Environment. (2016). *Mapping and assessment of ecosystems and their services: Urban ecosystems : 4th report – final, May 2016*. Publications Office, available at: https://data.europa.eu/doi/10.2779/625242

Giaimo, C., and Barbieri, C. A. (2018). Paradigmi ecosistemici, piano urbanistico e città contemporanea. L'esperienza del progetto Life Sam4cp/Ecosystems services, spatial planning and contemporary city. The experience of the Life Sam4cp project. *Urbanistica*, *159*, 114–124, available at: https://doi.org/10.1007/978-3-319-95576-6_14

Giuseppi, A., Di Paola, A., Santopaolo, A., Saif, S. S., Fiorini, F., and Pietrabissa, A. (2024). ARIES: An Intelligent System for Landslide and Wildfire Risk Management. *2024 32nd Mediterranean Conference on Control and Automation (MED)*, 661–666, available at: https://doi.org/10.1109/MED61351.2024.10566274

Guida, R. (2015). *SIAPE – Sistema Informativo sugli Attestati di Prestazione Energetica*. SIAPE. https://siape.enea.it/

Haines-Young, R., and Potschin, M. B. (2013). *Common international classification of ecosystem services (CICES) V4.3 and guidance on the application of the revised structure*. Nottingham: Fabis Consulting Ltd.

Hamel, P., Bosch, M., Tardieu, L., Lemonsu, A., De Munck, C., Nootenboom, C., Viguié, V., Lonsdorf, E., Douglass, J. A., and Sharp, R. P. (2023). *Calibrating and validating the InVEST urban cooling model: Case studies in France and the United States*, available at: https://doi.org/10.5194/egusphere-2023-928

Hølleland, H., Skrede, J., and Holmgaard, S. B. (2017). Cultural Heritage and Ecosystem Services: A Literature Review. *Conservation and Management of Archaeological Sites*, *19*(3), 210–237, available at: https://doi.org/10.1080/13505033.2017.1342069

INSPIRE Knowledge base—European Commission. (2025, febbraio 10). https://knowledge-base.inspire.ec.europa.eu/index_en

InVEST models | The Natural Capital Project. (2021). https://naturalcapitalproject.stanford.edu/software/invest/invest-models

Kareiva, P. (2011). *Natural capital: Theory and practice of mapping ecosystem services*, available at: https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780199588992.001.0001

Khachoo, Y. H., Cutugno, M., Robustelli, U., and Pugliano, G. (2024). Impact of land use and land cover (LULC) changes on carbon stocks and economic implications in Calabria using Google Earth Engine (GEE). *Sensors*, *24*(17), 5836, available at: https://doi.org/10.3390/s24175836

Maes, J., Teller, A., Erhard, M., Conde, S., Vallecillo, R. S., Barredo, C. J. I., Paracchini, M.-L., Abdul, M. D., Trombetti, M., Vigiak, O., Zulian, G., Addamo, A., Grizzetti, B., Somma, F., Hagyo, A., Vogt, P., Polce, C., Jones, A., Marin, A., … Santos-Martín, F. (2020, ottobre 12). *Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services: An EU ecosystem assessment*. JRC Publications Repository, available at: https://doi.org/10.2760/757183

Moraci, F., Bevilacqua, C., and Pizzimenti, P. (A c. Di). (2025). *Ecological and Digital Transition in Cities: Measuring Ecosystem Services for Urban Planning and Design* (1st ed. 2025). Springer Nature Switzerland, available at: https://doi.org/10.1007/978-3-031-82927-7

Food and Rural Affairs. Its aim is to help conserve, improve and manage the natural environment for the benefit of present and future generations.

[4] CQuEL, an acronym for "Character and Quality of England's Landscapes", is Natural England's main integrated monitoring project. CQuEL provides place-based evidence on the character and function of landscapes and on the supply and quality of selected ESs provided by England's natural environment.

[5] These values estimate the carbon loss if the land use change occurred under current market conditions. Between 2018 and 2021, the price of carbon rose from 8 to around 60 euros/Mg (Bua *et al*., 2021), recording the sharpest change since 2005 (EUA Price History, 2024), making it a plausible estimate for viewing the delta with "".

O'Riordan, R. (2021). *The effects of sealing on urban soil carbon and nutrients* [Dataset]. Lancaster University, available at: https://doi.org/10.17635/LANCASTER/RESEARCHDATA/422

Piemonte, C. S. I. (2022). *Ambiente—Città Metropolitana di Torino…* http://www.cittametropolitana.torino.it/cms/ambiente/agenda-metro-svil-sostenibile/azioni-pilota

Research and academia (2010). *The Economics of Ecosystems and Biodiversity*. https://teebweb.org/publications/teeb-for/research-and-academia/

Rumpel, C., Amiraslani, F., Lata, J. C., Cordovil, C. M.-S., Nartey, E., Staudhammer, C., and Yeboah, E. (2023). Management of soil carbon sequestration in urban areas. *Burleigh Dodds Science Publishing*, available at: https://doi.org/10.19103/as.2022.0106.23

Saatchi, S. S., Harris, N. L., Brown, S., Lefsky, M., Mitchard, E. T. A., Salas, W., Zutta, B. R., Buermann, W., Lewis, S. L., Hagen, S., Petrova, S., White, L., Silman, M., and Morel, A. (2011). Benchmark map of forest carbon stocks in tropical regions across three continents. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *108*(24), 9899–9904, available at: https://doi.org/10.1073/pnas.1019576108

Santolini, R. (2010). Servizi Ecosistemici e sostenibilità, Rivista Ecoscienza. *Rivista Ecoscienza*, *3*.

Schrotter, G., and Hürzeler, C. (2020). The Digital Twin of the City of Zurich for Urban Planning. *PFG – Journal of Photogrammetry, Remote Sensing and Geoinformation Science*, *88*(1), 99–112, available at: https://doi.org/10.1007/s41064-020-00092-2

Smith, B., World Business Council for Sustainable Development, and World Resources Institute (A c. Di). (2004). *The greenhouse gas protocol: A corporate accounting and reporting standard* (revised ed). World Resources Institute and World Business Council for Sustainable Development.

Spawn, S. A., and Gibbs, H. K. (2020). *Vegetation CollectionGlobal Aboveground and Belowground Biomass Carbon Density Maps for the Year 2010* (Versione 1, p. 9810.740697000001 MB) [GTiff]. ORNL Distributed Active Archive Center, available at: https://doi.org/10.3334/ORNLDAAC/1763

SR 510.62—Federal Act of 5 October 2007 on Geoinformati… (2007). Fedlex. https://www.fedlex.admin.ch/eli/cc/2008/388/en

Twidale, S. (2024, ottobre 18). Analysts expect EU carbon prices to soar by 2027. *Reuters*. https://www.reuters.com/markets/europe/analysts-expect-eu-carbon-prices-soar-by-2027-2024-10-18/

Vaz Monteiro, M., Doick, K. J., Handley, P., and Peace, A. (2016). The impact of greenspace size on the extent of local nocturnal air temperature cooling in London. *Urban Forestry and Urban Greening*, *16*, 160–169, available at: https://doi.org/10.1016/j.ufug.2016.02.008

Von Brackel, W., and Puntillo, D. (2016). New Records of Lichenicolous Fungi from Calabria (Southern Italy), Including a First Checklist. *Herzogia*, *29*(2), 277–306, available at: https://doi.org/10.13158/heia.29.2.2016.277

Zardo, L., Geneletti, D., Pérez-Soba, M., and Van Eupen, M. (2017). Estimating the cooling capacity of green infrastructures to support urban planning. *Ecosystem Services*, *26*, 225–235, available at: https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2017.06.016

Zawadzka, J. E., Harris, J. A., and Corstanje, R. (2021). Assessment of heat mitigation capacity of urban greenspaces with the use of InVEST urban cooling model, verified with day-time land surface temperature data. *Landscape and Urban Planning*, *214*, 104163, available at: https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2021.104163

Partenerati estesi e condivisione di conoscenza: l'approccio del *RETURN Urban Living Lab* per l'innovazione socio-ecologica-tecnologica

Maria Fabrizia Clemente, https://orcid.org/0000-0001-6114-2502 mariafabrizia.clemente@unina.it
Bruna Vendemmia, https://orcid.org/0000-0003-0957-5700 bruna.vendemmia@unina.it
Libera Amenta, https://orcid.org/0000-0002-0885-2326 libera.amenta@unina.it
Dipartimento di Architettura, Università degli Studi di Napoli Federico II, Italia

Abstract. Il Partenariato Esteso RETURN si pone l'obiettivo della produzione e condivisione di conoscenza sul tema dei rischi ambientali, naturali e antropici promuovendo il coinvolgimento attivo e proattivo di numerosi gruppi di ricerca interdisciplinari, di partner industriali e di *stakeholder*. In tale scenario le attività dello *Spoke TS1-Urban* and *Metropolitan Settlements* hanno previsto, fra le molteplici iniziative, l'attivazione di una serie di *workshop* sul modello *Urban Living Lab* nel Sito di Interesse Nazionale di Bagnoli-Coroglio finalizzati alla condivisione di conoscenza e alla sperimentazione di processi di co-esplorazione, *co-design* e *co-testing*. L'obiettivo dei *workshop* organizzati secondo la metodologia *Urban Living Lab* è sviluppare processi cognitivi e operativi in cui l'approccio tecnico consente l'integrazione delle dimensioni socio-culturali e ecologiche-biofisiche nei processi progettuali.

Parole chiave: Condivisione di conoscenza; *Urban Living Lab*; *Co-design*; *Serious game*; PE-RETURN.

Il Partenariato Esteso RETURN

Il Partenariato Esteso (PE) RETURN – *Multi-risk science for resilient communities under a changing climate*[1], finanziato nell'ambito della Componente 2 "Dalla ricerca all' impresa" della Missione 4 "Istruzione e ricerca" del Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR), si pone l'obiettivo della condivisione di conoscenza sui rischi ambientali, naturali e antropici e degli impatti che questi hanno sugli insediamenti urbani, sulle infrastrutture critiche e sulle comunità, promuovendo il coinvolgimento attivo e proattivo di numerosi gruppi di ricerca interdisciplinari, di partner industriali e di stakeholder per la proposta di analisi, strategie e azioni finalizzate alla mitigazione dei rischi e all'incremento della resilienza urbana integrata. I destinatari della ricerca sono le Pubbliche Amministrazioni e i decisori su scala nazionale con l'obiettivo di condividere i processi di conoscenza e progettuali con le comunità locali e le comunità di esperti, attraverso un processo di *cross-cutting* atto a favorire il trasferimento tecnologico finalizzato al supporto del progetto di ricerca nelle sue implicazioni di carattere socio-economico e tecnologico-ambientale nonché allo sviluppo di *policies* e strumenti operativi.

L'articolazione del progetto RETURN si fonda su una visione trasversale alle discipline che, pur esprimendo expertise e specialismi, si connotano per approfondimenti tematici affrontati in *Spoke* di tipo verticale (VS) che convergono in *topic* di tipo trasversale (TS), in cui il clima rappresenta il fattore comune intersettoriale di tipo diagonale (DS). La struttura delle attività si compone infatti di 8 *Spoke*: i 4 *Spoke* verticali sono finalizzati alla comprensione, analisi e valutazione dei rischi naturali, ambientali e antropici; i 3 *Spoke* trasversali corrispondono alla scomposizione dei sistemi urbani in tre sottosistemi di studio – insediamenti urbani e metropolitani, infrastrutture critiche, comunità resilienti – e sono finalizzati allo sviluppo e all'uso dei modelli per la valutazione degli impatti e la proposta di strategie e azioni per l'incremento della resilienza; lo *Spoke* diagonale è finalizzato alla definizione di metodologie innovative per la previsione, valutazione e la mitigazione del rischio delle variabili climatiche (Fig. 1).

In particolare, lo *Spoke TS1-Urban and Metropolitan Settlements* si pone l'obiettivo di sviluppare per gli insediamenti urbani e metropolitani sia modelli per la valutazione degli impatti legati al clima, anche in condizioni di rischio aggregato, a cascata o *compound*

Extended partnership and knowledge sharing: the RETURN Urban Living Lab approach to social-ecological-technological innovation

Abstract. The RETURN Extended Partnership aims to produce and share knowledge about environmental, natural and anthropogenic risks by promoting the active and proactive involvement of several interdisciplinary research groups, industrial partners and stakeholders. Against this scenario, the activities of Spoke TS1-Urban and Metropolitan Settlements included, among many initiatives, the activation of a series of workshops on the Urban Living Lab model in the Site of National Interest of Bagnoli-Coroglio aimed at sharing knowledge and experiencing processes of co-exploration, co-design and co-testing. The objective of the workshops organised according to the Urban Living Lab methodology is to develop cognitive and operational processes in which the technical approach enables the integration of socio-cultural and ecological-biophysical dimensions in the design processes.

Keywords: Knowledge sharing; Urban Living Lab; Co-design; Serious game; PE-RETURN.

The Extended Partnership RETURN

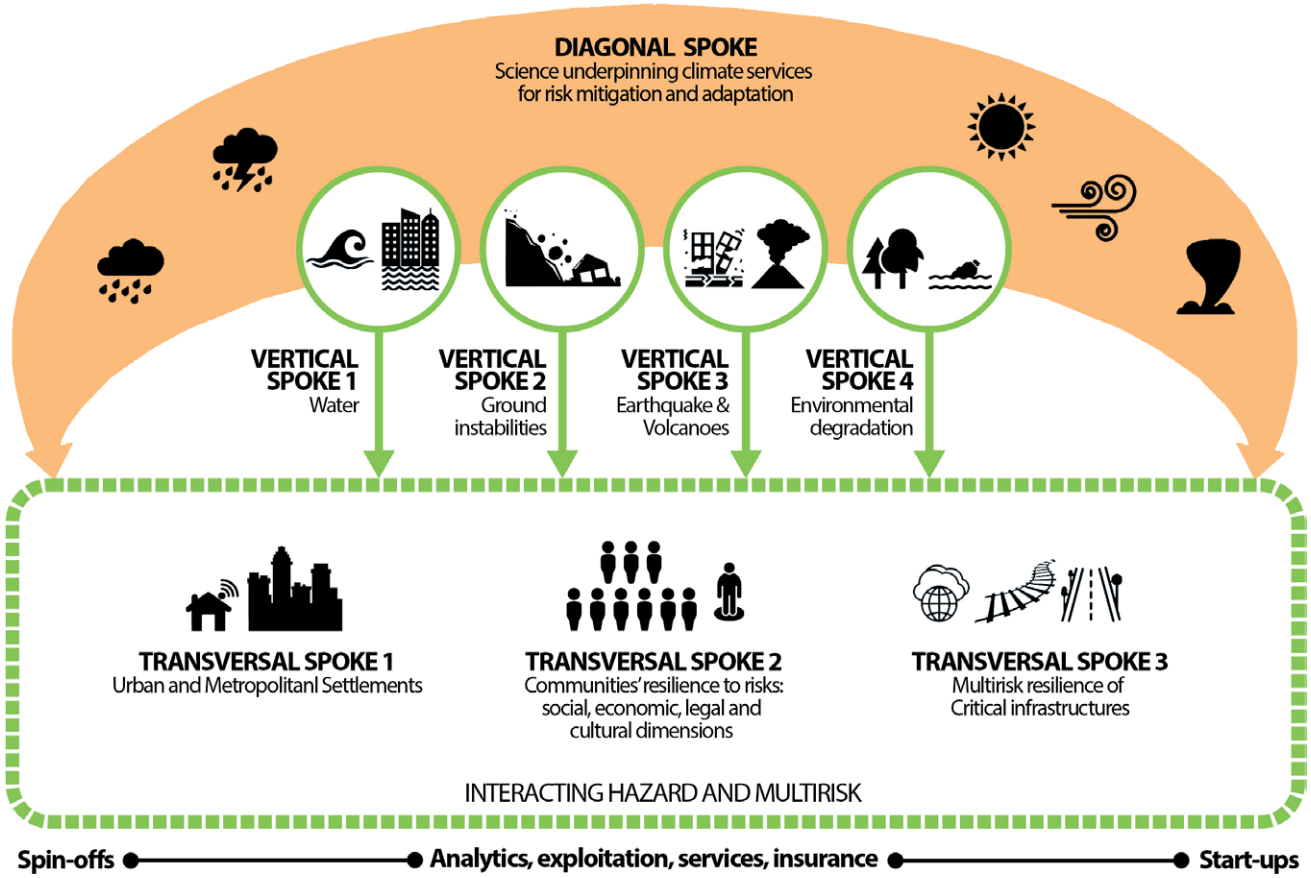
The Extended Partnership RETURN (PE) RETURN – Multi-risk science for resilient communities under a changing climate[1], financed under Component 2 "From Research to Enterprise" of Mission 4 "Education and Research" of the National Recovery and Resilience Plan (NRP), aims to share knowledge about environmental, natural and man-made hazards, and their impacts on urban settlements, critical infrastructure and communities by promoting the active and proactive involvement of numerous interdisciplinary research groups, industry partners and stakeholders in proposing analyses, strategies and actions aimed at mitigating hazards and increasing integrated urban resilience. The beneficiaries of the research are Public Administrations and decision-makers on a national scale. The aim is to share knowledge and design processes with local and expert communities through a cross-cutting process designed to facilitate technology transfer, and intended to support the research project in its socio-economic and technological-environmental implications, as well as the development of policies and operational tools.

The structure of the RETURN project is based on a cross-disciplinary vision, which, while expressing expertise and specialisms, features thematic insights addressed in vertical type Spokes (VS) that converge in cross-sectoral type topics (TS), in which climate is the common cross-sectoral diagonal type factor (DS). The structure of activities is composed of 8 Spokes, namely

ISSN online: 2239-0243 | © 2025 Author(s) | http://www.fupress.com/techne | DOI: 10.36253/techne-17472
Open access, peer-reviewed article published by Firenze University Press (https://www.fupress.com) and distributed, except where otherwise noted, under the terms of the CC BY 4.0 License for content and CC0 1.0 Universal for metadata

01 | L'articolazione del Partenariato Esteso RETURN. Fonte : rielaborato da https://www.fondazionereturn.it/
The articulation of the RETURN Extended Partnership. Source: adapted from https://www.fondazionereturn.it/

| 01



Multi-Risk sciEnce for resilienT commUnities undeR a changiNg climate

the 4 vertical Spokes are aimed at understanding, analysing, and assessing natural, environmental, and anthropogenic risks; the 3 cross-sectoral Spokes correspond to the decomposition of urban systems into three subsystems of study, precisely urban and metropolitan settlements, critical infrastructure, and resilient communities. They are aimed at developing and using models for assessing impacts and proposing strategies and actions for increasing resilience. The diagonal Spoke is aimed at defining innovative methodologies for forecasting, assessing, and mitigating the risk of climate variables (Fig. 1).

Specifically, the Spoke TS1-Urban and Metropolitan Settlements aims to develop, for urban and metropolitan settlements, models for assessing climate-related impacts, even under conditions of aggregate, cascading, or compound risk with other hazard types, and models for estimating urban resilience to support decisions concerning mitigation and adaptation design. The models are implemented to support and guide climate-proof planning and design, and to foster risk communication and active community involvement in local mitigation campaigns.

An Urban Living Lab process has been activated among the Spoke activities geared toward community and stakeholder involvement, under Work Package 5-Urban labs for dynamic multi-risk management – with some workshop activities – in the Site of National Interest (S.I.N.) of Bagnoli-Coroglio[2]. The Urban Living Lab activity is aimed at involving communities, institutions and experts in supporting the resilient green transition of critical urban contexts, i.e. contexts featuring multi-risk scenarios, such as SIN areas. Indeed, the systemic complexity that characterises critical urban contexts requires design methods capable of considering the multiple environmental instances, as well as the social and economic impacts of projects, based on a shared process with local and expert communities.

Knowledge sharing and Urban Living Lab for social-ecological-technological systems innovation

Since the 2000s, Living Labs (LLs) have been introduced in scientific research activities as dynamic multistakeholder networks. Initially aimed at testing innovative technologies in real-world settings, they have evolved into environments, methodologies and systems presenting a complexity of definitions and operational approaches declined in specific characteristics to suit the types of environment, stakeholders involved, planned activities, expected outcomes, challenges and sustainability of processes (Hossain *et al.*, 2019). Urban Living Labs (ULLs) have been defined as participatory environments, both physical and virtual, designed to develop and test innovative urban experiments in real-world settings (JPI Urban Europe, 2013; Steen and Van Bueren, 2017).

In recent decades, ULLs have received increasing attention as a practical innovation tool by both researchers and policy makers and stakeholders. However, despite numerous European and

con altre tipologie di hazard, sia modelli per la stima della resilienza urbana per il supporto decisionale al progetto di mitigazione e adattamento. I modelli sono introdotti allo scopo di supportare e indirizzare la pianificazione e la progettazione *climate-proof* e favorire la comunicazione del rischio e il coinvolgimento attivo delle comunità nelle campagne locali di mitigazione.
Tra le attività dello *Spoke* orientate al coinvolgimento delle comunità e dei portatori d'interesse, nell'ambito del *Work Package* 5-*Urban labs for dynamic multi-risk management*, è stato attivato un processo di *Urban Living Lab* – con alcune sperimentazioni di *workshop* – nel Sito di Interesse Nazionale (S.I.N.) di Bagnoli-Coroglio[2]. L'attività di *Urban Living Lab* è finalizzata al coinvolgimento di comunità, istituzioni ed esperti, nel supporto alla transizione green in chiave resiliente dei contesti urbani critici, ovvero contesti caratterizzati da scenari multirischio, come le aree SIN. La complessità sistemica che caratterizza i contesti urbani critici richiede, infatti, metodi progettuali in grado di considerare le molteplici istanze ambientali, nonché le ricadute sociali ed economiche dei progetti, basandosi su un processo condiviso con le comunità locali e di esperti.

Condivisione di conoscenza e *Urban Living Lab* per l'innovazione dei sistemi socio-ecologici-tecnologici

A partire dagli anni 2000 i *Living Lab* (LL) sono stati introdotti nell'ambito delle attività di ricerca scientifica come *network* dinamici *multistakeholder*. Inizialmente finalizzati al *testing* delle tecnologie innovative nei contesti reali, si sono evoluti in ambienti, metodologie e sistemi connotandosi per una complessità di definizioni e approcci operativi declinati in specifiche caratteristiche in relazione alle tipologie di ambiente, *stakeholder* coinvolti, attività previste, *outcome* attesi, sfide e sostenibilità dei processi (Hossain *et al*., 2019). Gli Urban Living Lab (ULL) sono stati definiti come ambienti partecipativi, sia fisici che virtuali, progettati per sviluppare e testare esperimenti urbani innovativi in contesti reali (JPI Urban Europe, 2013; Steen and Van Bueren, 2017).
Negli ultimi decenni gli ULL hanno ricevuto una crescente attenzione come *tool* di innovazione pratica sia da parte dei ricercatori che dai *policy maker* e portatori d'interesse; tuttavia, nonostante le numerose esperienze europee e nazionali, si riscontrano criticità nell'implementazione pratica dei *living lab* urbani, nonché sulle metriche per il controllo delle loro ricadute in termini di *benefit* e *co-benefit* (Paskaleva and Cooper, 2021). Inoltre, sebbene esistano molteplici ricerche e studi focalizzati sugli impatti dei rischi negli insediamenti urbani nelle combinazioni multirischio, nonché sulla simulazione dell'efficacia delle misure progettuali per l'incremento della resilienza urbana e sugli *Urban Living Lab*, si evidenziano gap sull'integrazione degli stessi nel tema della condivisione di conoscenze finalizzata alla *co-governance* e alla consapevolezza multirischio per il progetto tecnologico-ambientale (Trogrlić *et al*., 2024). Il trasferimento delle attività di ricerca nella gestione, nello sviluppo di policy e nell'applicazione tangibile delle stesse appare infatti limitato e gli approcci istituzionali si focalizzano principalmente su sistemi mono-rischio delineando la necessità di integrare la componente multi-rischio negli ULL, anche in relazione agli strumenti di tipo finanziario (Scolobig *et al*., 2017).
In una visione rinnovata il concetto di trasferimento tecnologico messo in campo nei ULL può essere oggi declinato soprat-

national experiences, there are critical challenges in the practical implementation of urban living labs, as well as concerning metrics for monitoring their benefits and co-benefits (Paskaleva and Cooper, 2021). In addition, although there are multiple researches and studies focused on the impacts of risks in urban settlements in multi-hazard combinations, as well as on simulating the effectiveness of design measures for increasing urban resilience and Urban Living Labs, there are gaps on the integration of the same into the topic of knowledge sharing aimed at co-governance and multi-hazard awareness for the technological-environmental project (Trogrlić *et al*., 2024). Indeed, the transfer of research activities into management, policy development and tangible application of the same appears to be limited, and institutional approaches focus mainly on single-risk systems outlining the need to integrate the multi-risk component in the ULL, also in relation to financial-type instruments (Scolobig *et al*., 2017).
In a renovated vision, the concept of technology transfer implemented in ULLs can be declined nowadays mainly as knowledge share, understood as the deployment of proactive and collaborative actions for the distribution, connection and co-production of knowledge, activating circular, multi-sourcing and multi-directional processes (Conti and Grimaldi, 2024). In knowledge sharing, the process assumes a central role and enables the systemic connection of data, information and knowledge from differentiated sources in a circular process, based on interactions and cross-contamination, with the aim of co-producing knowledge to be then shared and disseminated among and to various actors and organisations. In such a scenario, people, be they users, project stakeholders or experts and interested parties, contribute equally to the project process in all its phases, building a dialogical relationship that enables the activation of innovative processes, which combine ecologically-oriented social innovation and technical innovation (Perriccioli, 2017; Fanzini *et al*., 2020) in a social-ecological-technological perspective.
Based on the scientific literature review, the methodology proposed and introduced in the RETURN Urban Living Lab (ULL) in Bagnoli-Coroglio identifies three phases for the co-production of knowledge in a technological-environmental key oriented to risk management. The three phases involve co-exploration, co-design and co-testing, and correspond to specific project steps that have the dual purpose of transferring and acquiring knowledge in a recursive process involving different stakeholders vertically and horizontally[3] (Fig. 2). Specific exercises defined as "city-scale exercises" are associated with each ULL phase, which aim to transfer and share knowledge by activating top-down and bottom-up processes. Knowledge is transferred, translated, and transformed by encouraging socialisation among actors, integrating both formal and informal interactions.
If the co-exploration phase is aimed at area knowledge and benefits from operational tools such as workshops and risk storylines (Marciano *et al*., 2024), co-design is aimed at supporting multi-risk governance through the development of methods, processes, strategies, and solutions for holistic support of risk management in the four phases of prevention/mitigation, preparedness,

tutto come *knowledge share,* intesa come la messa in campo di azioni proattive e collaborative per la distribuzione, connessione e co-produzione di conoscenza, attivando processi circolari, *multi-sourcing* e multi-direzionali (Conti and Grimaldi, 2024). Nella condivisione di conoscenza, il processo assume un ruolo centrale e consente di connettere in modo sistemico dati, informazioni e saperi provenienti da fonti differenziate in un processo di tipo circolare, basato su interazioni e *cross-contamination,* con l'obiettivo di co-produrre conoscenza da poi condividere e diffondere tra e ai vari attori e organizzazioni. In tale scenario, le persone, siano esse utenti, interlocutori del progetto o esperti e portatori di interesse, concorrono in modo paritario al processo progettuale in tutte le sue fasi, costruendo un rapporto dialogico che consente di attivare processi innovativi che coniugano l'innovazione sociale ecologicamente orientata e l'innovazione tecnica (Perriccioli, 2017; Fanzini *et al*., 2020) in una prospettiva socio-ecologica-tecnologica.

A valle della letteratura scientifica di riferimento, la metodologia proposta e introdotta nel RETURN *Urban Living Lab* (ULL) di Bagnoli-Coroglio individua, pertanto, tre fasi per la co-produzione di conoscenza in chiave tecnologico-ambientale orientata alla gestione dei rischi. Le tre fasi prevedono la co-esplorazione, il *co-design* e il *co-testing* e corrispondono a specifici passaggi progettuali che hanno il duplice scopo di trasferire e acquisire conoscenze in un processo ricorsivo che coinvolge verticalmente e orizzontalmente i diversi stakeholder[3] (Fig. 2).

Ad ogni fase dell'ULL sono associati specifici esercizi definiti "*city-scale excercise*" che hanno l'obiettivo di trasferire e condividere le conoscenze attivando processi di tipo *top-down* e *bottom-up*. La conoscenza è trasferita, tradotta e trasformata favorendo la socializzazione tra gli attori integrando sia interazioni di tipo formale che informale. Se la fase di co-esplorazione è finalizzata alla conoscenza dell'area e si avvale di strumenti operativi come workshop e *risk storylines* (Marciano *et al*., 2024), il *co-design* è finalizzato a supportare la *governance* multirischio mediante l'elaborazione di metodi, processi, strategie e soluzioni per il supporto olistico alla gestione dei rischi nelle quattro fasi di prevenzione/mitigazione, preparazione, risposta e recupero, mediante workshop, attività sul campo, serious game, mappature collaborative. Infine, il *co-testing* deve consentire l'implementazione e il testing delle attività di *co-design*, verificandone l'appropriatezza e l'efficacia anche in relazione a quanto emerso negli incontri con gli *stakeholder* nelle fasi precedenti.

Nel processo introdotto nel RETURN ULL la componente tecnologica – declinata in *hard* e *soft* – si pone come elemento di mediazione tra la componente sociale e quella ambientale, configurando approcci cognitivi e operativi in grado di considerare la complessità che caratterizza gli insediamenti urbani negli scenari di cambiamento climatico e che si declina nei fattori di vulnerabilità ed esposizione del costruito e della popolazione (Losasso, 2020). Tale complessità considera sia le componenti materiali costruite che i processi immateriali ad esse associati ed ha pertanto richiesto pratiche di progettazione collaborativa per consentire la definizione delle criticità specifiche dei contesti socio-tecnici e socio-ecologici nella fase di co-esplorazione e delle possibili strategie e soluzioni in una prospettiva sistemica, multi-scalare e multi-obiettivo degli interventi, coniugando approcci di adattamento e mitigazione dei rischi nel *framework* della transizione *green*, nella fase di *co-design*.

La sperimentazione condotta nell'ambito del RETURN *Urban*

response, and recovery, through workshops, field activities, serious games, collaborative mapping. Finally, co-testing must enable the implementation and testing of co-design activities, verifying their appropriateness and effectiveness, including in terms of what emerged from stakeholder meetings in the previous phases.

In the process introduced in the RETURN ULL, the technological component – declined in hard and soft – stands as an element of mediation between the social and environmental components, configuring cognitive and operational approaches capable of considering the complexity that characterises urban settlements in climate change scenarios. It is declined in the vulnerability and exposure factors of the built environment and population (Losasso, 2020). This complexity considers both the built material components and the associated intangible processes. It has, therefore, required collaborative design practices to enable the definition of the specific criticalities of socio-technical and socio-ecological contexts in the co-exploration phase, and of possible strategies and solutions in a systemic, multi-scalar and multi-objective perspective of interventions, combining adaptation and risk mitigation approaches in the green transition framework, in the co-design phase.

The testing conducted as part of the RETURN Urban Living Lab (RETURN ULL) in Bagnoli-Coroglio is intended as a test case for the definition of Proof of Concept (PoC) methodologies – concepts characterised by feasibility and responsiveness to specific objectives and requirements – to be transferred to other critical contexts on a national scale.

The Bagnoli-Coroglio Urban Living Lab: co-design approaches and tools

The RETURN ULL approach structures a process of shared learning and innovation in both the design phase, and the transition management and governance phase. The co-design phase is developed after the outcomes of the co-exploration activities. The co-exploration workshops, which were attended by experts and civil society, were designed with the aim of involving a wide range of stakeholders in the co-design processes aimed at enhancing awareness and capacity to manage and mitigate the risks that overlap and intersect in the contemporary territory, thus generating systemic complexity.

The co-exploration phase thus made it possible to expand the shared knowledge base of the context with reference to risk perception, and to identify the actors to be involved in the subsequent co-design and co-testing phases. The ULLs' work was developed at the district scale, which is the most appropriate to design the ecological and sustainable transition in line with European and national technical policy documents. The focus is the Bagnoli-Coroglio territory, which is emblematic for the multi-hazard scenarios that characterise it in relation to climatic and hydrogeological criticalities, seismic risk, and the presence of post-industrial polluted territories.

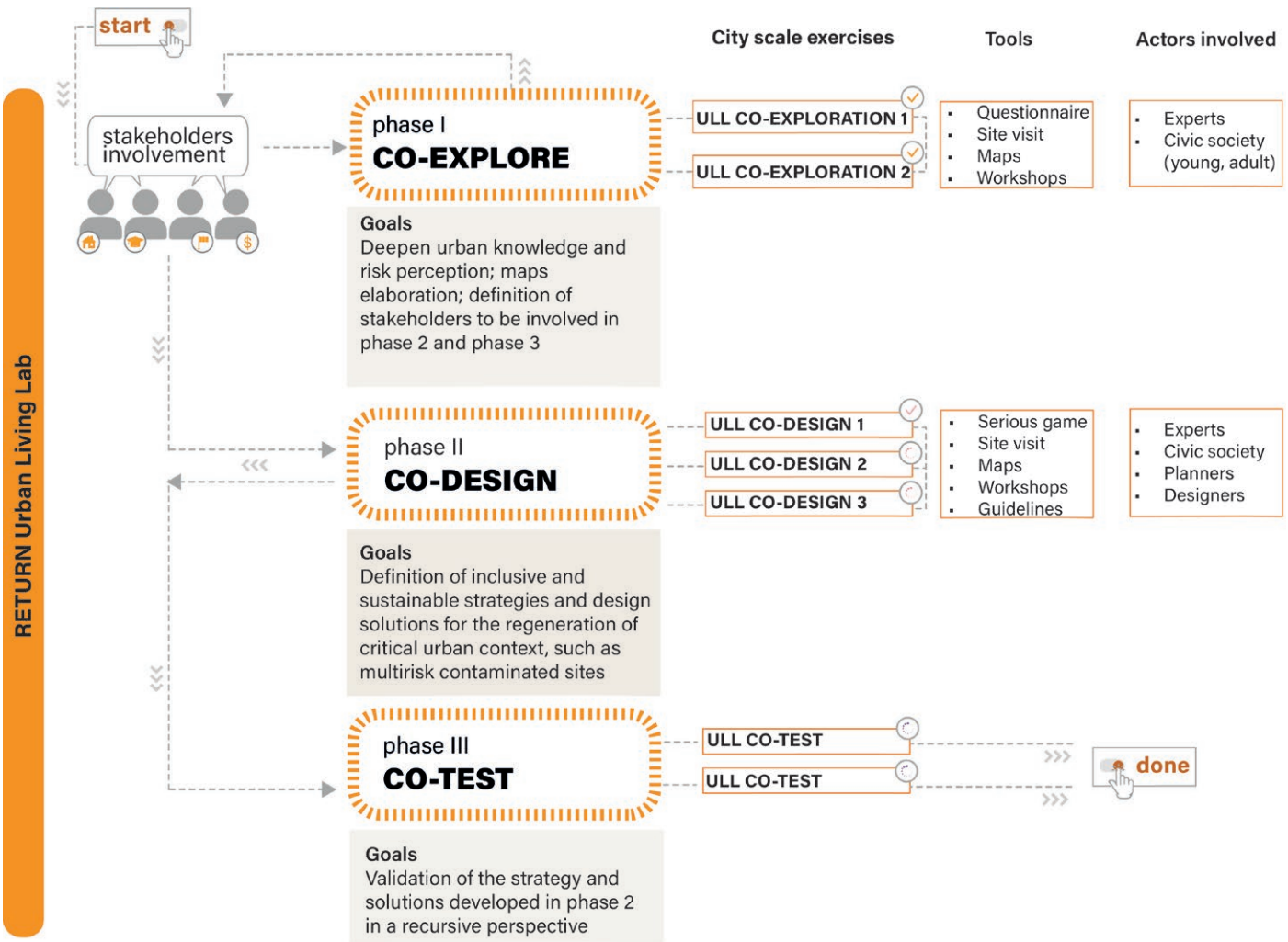
The co-design phase involves several meetings and the use of differentiated operational tools aimed at interaction and knowledge sharing with the different types of stakeholders for the co-development of concepts, ideas, policies, and strategies (REPAiR, 2017). In the context of the ULL RETURN, the main objective of this phase is to define risk-

Living Lab (RETURN ULL) di Bagnoli-Coroglio è da intendersi come un *test case* per la definizione di metodologie e strumenti di *Proof of Concept* (PoC) – concept caratterizzati da fattibilità e rispondenza a specifici obiettivi e requisiti – da trasferire anche in altri contesti critici a scala nazionale.

L'*Urban Living Lab* di Bagnoli-Coroglio: approcci e strumenti del *co-design*

L'approccio del RETURN ULL struttura un processo di apprendimento condiviso e di innovazione sia nella fase di progetto che in quella di gestione e governo della transizione. La fase di *co-design*, è elaborata a valle degli esiti delle attività di co-esplorazione. I *workshop* di co-esplorazione, che hanno visto la partecipazione di esperti e società civile, sono stati concepiti con l'obiettivo di coinvolgere un ampio numero di *stakeholder* nei processi di co-progettazione finalizzati a una migliore consapevolezza e capacità di gestione e mitigazione dei rischi che si sovrappongono e si intrecciano nel territorio contemporaneo generando complessità sistemica.
La fase di co-esplorazione ha permesso quindi da un lato di ampliare la base conoscitiva condivisa del contesto con riferimento alla percezione del rischio, dall'altro di identificare gli attori da coinvolgere nelle fasi successive di *co-design* e *co-testing*. Il lavoro degli ULL è stato sviluppato alla scala del distretto che risulta quella più appropriata per il progetto della transizione ecologica e sostenibile in linea con i documenti di politica tecnica europei e nazionali. Il *focus* è il territorio di Bagnoli-Coroglio, emblematico per gli scenari multirischio che lo connotano in relazione alle criticità climatiche e idrogeologiche, al rischio sismico, alla presenza di territori post-industriali inquinati.

02 |



La fase di *co-design* prevede la realizzazione di diversi incontri e l'uso di strumenti operativi differenziati finalizzati all'interazione e condivisione di conoscenza con le diverse tipologie di attori coinvolti per il co-sviluppo di concetti, idee, *policy* e strategie (REPAiR, 2017). Nell'ambito del RETURN ULL, l'obiettivo principale di questa fase è definire scenari progettuali resilienti ai rischi (Baibarac *et al*., 2019) che siano al contempo sostenibili e inclusivi e che favoriscano la costruzione di città circolari e la mitigazione dei rischi nei contesti urbani critici. Il prefisso "co" esplicita la natura collaborativa, cooperativa, collettiva e connettiva delle azioni di design in cui ciascun attore coinvolto acquisisce un ruolo specifico (Zamenopoulos and Alexiou, 2018).
La differenziazione degli strumenti utilizzati ed elaborati nelle diverse fasi è legata alla necessità di supportare gli utenti coinvolti – esperti e non esperti, pubblici e privati – per lo sviluppo e la condivisione di scenari progettuali informati ed ecologicamente orientati per la mitigazione dei rischi ambientali, naturali e antropici in aree urbane e metropolitane.
La fase di co-design è stata avviata ad ottobre 2024 in occasione della manifestazione svoltasi a Napoli e denominata "Futuro-Remoto", un festival della Scienza aperto alla città che si svolge a Città della Scienza, nell'area di Bagnoli. Per questa occasione è stato ideato – dal *team* del progetto del Tak 5.5.2 – uno strumento di progettazione partecipata sul modello *serious game* che simula un processo di rigenerazione per un'area urbana periferica con caratteristiche multirischio, attraverso l'implementazione di azioni volte a ridurre la probabilità che uno o più rischi si verifichino e a limitarne l'impatto. La scelta del *serious game* nell'ambito del RETURN ULL è legata alla tipologia dei partecipanti destinatari dell'iniziativa "Futuro Remoto", prevalentemente bambini e ragazzi, alcuni con una conoscenza approfondita del contesto, perché residenti nella zona, altri frequentatori occasionali.
Oltre alle attività di gioco destinate ad un pubblico non esperto, sono stati previsti diversi test del serious game con gli studenti universitari del Dipartimento di Architettura dell'Università degli Studi di Napoli Federico II[4] e tavoli di lavoro nell'ambito del corso di formazione post-laurea RETURN *Academy*, coordinato dall' Università degli Studi di Napoli Federico II e di cui le autrici sono state docenti.

Il gioco come strumento di co-design

I *serious game* rappresentano un efficace tool educativo per il *co-design* dei contesti urbani critici, consentendo di aumentare la consapevolezza intorno al tema del multirischio e allo stesso tempo stimolare gli utenti a sviluppare conoscenze partecipate e a condividere idee e scenari di progetto (De Jans *et al*., 2017). I giochi consentono di far confrontare gli utenti con situazioni reali costruite in modo esperienziale con il vantaggio di poter sperimentare le diverse risposte possibili in modo immersivo e interattivo puntando ad innescare la conoscenza condivisa e la risoluzione dei conflitti (Ahmadov *et al*., 2024) trasformando processi complessi in esperienze accessibili e coinvolgenti (Hamari *et al*., 2014). Inoltre, permettendo il coinvolgimento attivo di diversi attori, esperti e non esperti, i *serious game* si dimostrano strumenti indispensabili per sviluppare approcci innovativi per la transizione sostenibile (Engez *et al*., 2021).
Il gioco del progetto RETURN intitolato "Non correre rischi attiva il metabolismo della tua città"[5] è stato concepito in modo

resilient design scenarios (Baibarac *et al*., 2019), which are both sustainable and inclusive, and that promote circular city building and risk mitigation in critical urban contexts. The prefix "co" explicitly refers to the collaborative, cooperative, collective and connective nature of design actions in which each actor involved acquires a specific role (Zamenopoulos and Alexiou, 2018). The differentiation of the tools used and elaborated in the different phases is related to the need to support the users involved-experts and non-experts, public and private-in developing and sharing informed and ecologically oriented design scenarios intended to mitigate environmental, natural and anthropogenic risks in urban and metropolitan areas.
The co-design phase was initiated in October 2024 for the event held in Naples, and entitled "Futuro-Remoto", a festival of Science open to the city. It is held in Città della Scienza, in the Bagnoli area. For this occasion, a participatory design tool was designed – by the Tak 5.5.2 project team – on the serious game model that simulates a regeneration process for a peripheral urban area with multi-risk characteristics. The process is based on the implementation of actions aimed at reducing the probability of one or more risks occurring and limiting their impact. The choice of the serious game in the context of the RETURN ULL is linked to the type of participants targeted by the 'Futuro Remoto' initiative, mainly children and young people, some with in-depth knowledge of the context because they live in the area, while others are occasional visitors.
In addition to the game activities aimed at a non-expert audience, several serious game tests were planned with university students from the Department of Architecture of the University of Naples Federico II[4], besides working tables as part of the post-graduate training course RETURN Academy, coordinated by the University of Naples Federico II in which the authors were lecturers.

Gaming as a co-design tool

Serious games are an effective educational tool for co-designing critical urban contexts, allowing to raise awareness around the issue of multiple hazards, while stimulating users to develop participatory knowledge and share ideas and design scenarios (De Jans *et al*., 2017). Games allow users to compare real-world situations constructed experientially with the advantage of being able to experience different possible responses in an immersive and interactive way, aiming to trigger shared knowledge and conflict resolution (Ahmadov *et al*., 2024) by transforming complex processes into accessible and engaging experiences (Hamari *et al*., 2014). Moreover, by enabling the active involvement of diverse stakeholders, both experts and non-experts, serious games prove to be indispensable tools for developing innovative approaches to sustainable transition (Engez *et al*., 2021).
RETURN project game entitled "Don't take risks activate your city's metabolism"[5] is designed to be adaptable to different types of actors presenting a basic level of knowledge of risk issues and different levels of knowledge of the area. It can also be used for interaction with experts and technicians (Fig. 3). To adapt to specific needs, the game is constructed according to a flexible design in terms of time and place of play, as well as number of participants

da potersi adattare a tipologie differenziate di attori caratterizzati da un livello base di conoscenza dei temi del rischio e livelli diversi di conoscenza del territorio, ma può essere utilizzato anche per l'interazione con esperti e tecnici (Fig. 3). Per adattarsi alle specifiche esigenze, il gioco è costruito secondo un design flessibile in termini di tempo e luogo di gioco, nonché numero di partecipanti coinvolti prevedendo sia l'opzione in squadra che singola. Nel caso della sperimentazione del *serious game* di RETURN il gioco è geograficamente situato, ambientato nell'area di Bagnoli-Coroglio ed interessa non solo l'area industriale dismessa ma anche le aree residenziali adiacenti come il quartiere Giusso e l'area di Cavalleggeri d'Aosta.

L'introduzione al gioco è operata utilizzando lo strumento dello storytelling: il facilitatore guida i partecipanti alla comprensione degli scenari di rischio locale attraverso un racconto[6]. A valle del racconto il giocatore viene invitato a selezionare una toolbox per la mitigazione della classe di rischio attraverso la scelta di un'immagine a cui i ricercatori hanno assegnato un valore semantico che rimanda ad un rischio specifico: rischio sismico, rischio climatico, rischio sociale e rischio ambientale. La caratterizzazione e selezione della tipologia di rischio è stata effettuata dal gruppo di ricerca sia in base alla conoscenza delle caratteristiche specifiche del contesto che ai risultati della fase di co-esplorazione. Ciascuna toolbox contiene 4 azioni di mitigazione dei rischi, selezionate in base alla letteratura scientifica di riferimento e al confronto con i componenti degli altri Spoke del Partenariato.

Assegnate le toolbox, il gioco si svolge su un tabellone (*board game*) in cui è raffigurata l'area di Bagnoli-Coroglio con una vista a volo d'uccello per facilitare la lettura del contesto anche ad un pubblico non esperto. Nel *board* sono riportati i *landmark* presenti nell'area sia quelli legati al passato industriale (l'acciaieria ILVA, il pontile Nord), che quelli legati ad attività presenti (Circolo Ilva, Città della Scienza) o a componenti ambientali (il costone di Posillipo). Le azioni possono essere localizzate nel quartiere, incollandole sul tabellone. Il giocatore, anche attraverso l'uso di post-it o pennarelli, deve indicare l'ordine con cui le diverse azioni vengono attuate, immaginando una timeline in modo da definire i diversi passaggi necessari per la costruzione di una strategia in una prospettiva di *progressive upgrade approach*. Il risultato finale rappresenta una visione futura dell'area. Per una maggiore efficacia, il gioco parte da un singolo rischio, ciononostante è importante evidenziare che le azioni suggerite rispondono in molti casi a condizioni di multirischio.

La restituzione delle attività di gaming portate avanti nel corso della 38ª edizione di Futuro Remoto tenutasi presso Città della Scienza a Napoli a novembre 2024 e in altre occasioni di confronto con la cittadinanza restituisce una strategia collettiva di mitigazione dei rischi basata su oltre 40 visioni. Sebbene il gioco sia ambientato a Bagnoli, il carattere itinerante di questa attività rende l'attività di co-design un'entità che oltrepassa i confini amministrativi, geografici e demografici attraverso il progetto (Ebbesson *et al*., 2024).

I risultati evidenziano una distribuzione equilibrata nella scelta dei diversi rischi proposti. Questa distribuzione da un lato conferma che i quattro rischi selezionati nella fase di ideazione corrispondono alla percezione del rischio in queste aree e dall'altro rafforza l'idea che la percezione quotidiana del rischio è di tipo multirischio. In aggiunta si rileva una leggera preferenza del rischio climatico (28% dei partecipanti) rispetto agli altri rischi, in particolare il rischio sismico che riporta il 21% delle preferenze (Fig. 4).

involved by providing both team and single option. In the case of the RETURN serious game testing, the game is geographically located, set in the Bagnoli-Coroglio area, and involves not only the disused industrial area but also adjacent residential areas such as the Giusso neighbourhood and the Cavalleggeri d'Aosta area.

The game is introduced by storytelling. The facilitator guides participants to understand local risk scenarios through a narrative[6]. Following the narrative, the player is asked to select a toolbox for risk class mitigation by selecting an image to which the researchers assigned a semantic value, which refers to a specific risk, such as earthquake risk, climate risk, social risk, and environmental risk. The characterisation and selection of the risk type was carried out by the research team based both on their knowledge of context-specific characteristics, and on the results of the co-exploration phase. Each toolbox contains 4 risk mitigation actions, selected based on scientific literature review and comparison with the components of the other Partnership Spokes.

One the tool boxes are assigned, the game is played on a board (board game) on which the Bagnoli-Coroglio area is depicted with a bird's-eye view to facilitate reading of the context even for a non-expert audience. The board shows the landmarks present in the area, both those related to the industrial past (the ILVA steel plant, the North Wharf), and those related to present activities (Ilva Circle, City of Science) or environmental components (the Posillipo ridge). Actions can be located in the neighbourhood by pasting them on the board. The player, also through the use of post-it notes or markers, must indicate the order in which the different actions are implemented, imagining a timeline in order to define the different steps required to construct a strategy with a progressive upgrade approach. The end result represents a future vision for the area. For greater effectiveness, the game starts with a single risk. Nevertheless, it is important to point out that the suggested actions respond in many cases to multi-risk conditions.

The report of gaming activities carried out during the 38th edition of Futuro Remoto held at Città della Scienza in Naples in November 2024 and on other occasions of discussion with citizens indicates a collective strategy of risk mitigation based on more than 40 visions. Although the game is set in Bagnoli, the itinerant nature of this activity makes the co-design activity an entity that crosses administrative, geographic and demographic boundaries through the project (Ebbesson *et al*., 2024).

The results show a balanced distribution in the selection of the different risks proposed. This distribution confirms that the four risks selected in the conception phase correspond to the perception of risk in these areas, and reinforces the idea that the daily perception of risk is multi-risk. In addition, there is a greater preference for climate risk (28 percent of participants) than for the other risks, particularly earthquake risk, which reports 21 percent of preferences (Fig. 4).

The selected preferences may be due to several factors. While the young age of participants in the game – mostly between 19 and 39 years old – has a significant influence on the choice of climate risk, confirming that risk perception is also constructed by communication and mass media (Jenkins *et*

al., 2024), the relatively low percentage of preferences for seismic risk may be due to the lack of catastrophic seismic events in the Naples area in the last 39 years[7], suggesting a lack of cultural memory construction of the dangers and calamities faced by previous generations (Schweizer *et al*., 2022).

Conclusion and research perspective

Participatory activities developed according to the Urban Living Lab methodology in Bagnoli-Coroglio within the Spoke TS1-Urban and metropolitan settlements of the RETURN Extended Partnership enabled the activation of a participatory process that, through the use of tangible and intangible technologies, allowed the integration of sociocultural and ecological-biophysical co-design dimensions in the co-knowledge phases of the territory. The introduction of social-ecological-technological cognitive and operational approaches (McPhearson *et al*., 2022) has enabled governance of the complexity typical of urban and metropolitan systems in relation to the interconnections and interdependencies affecting the built and natural environment in climate change scenarios, and that determine conditions of vulnerability and exposure.

The experimentation conducted showed that, taking into account both stakeholders and project phases, specific engagement and sharing tools must be introduced to combine social and technological-environmental innovation by contributing to the elaboration of knowledge and design concepts appropriate to transition scenarios (Losasso *et al*., 2024).

The introduction, the development and the tests of serious games in the co-design phase proved particularly effective in engaging non-expert audiences in the youth age group, also from a pedagogical perspective. The outcomes of the experimentation also allowed to develop shared design visions capable of contributing, at a subsequent stage, to the elaboration of progressive upgrade approaches defined by expert knowledge and aimed at supporting the decision-making process of stakeholders.

The process developed as Proof of Concept in the RETURN ULL will need to be tested in other critical urban contexts in order to verify its effectiveness. Potential future testing may involve other Sites of National Interest. In addition, the co-testing phase will require monitoring and verification of the ULL's spin-offs in terms of contributing to decision-making support for the ecological and resilient transition of critical urban contexts. The aim is to finalise the co-design phase for decision support of process actors, and to test the strategies implemented.

ATTRIBUTION AND ACKNOWLEDGEMENTS

In the unity authors' contributions for the concept and methodology aspects of the research, the paragraphs "The RETURN Extended Partnership", "Knowledge sharing and Urban Living Lab for social-ecological-technological systems innovation", and "Conclusions and Research Perspectives" are attributed to Maria Fabrizia Clemente; the paragraph "The Urban Living Lab in Bagnoli-Coroglio: co-design approaches and tools" to Libera Amenta; and the paragraph " Gaming as co-design tool" to Bruna Vendemmia.

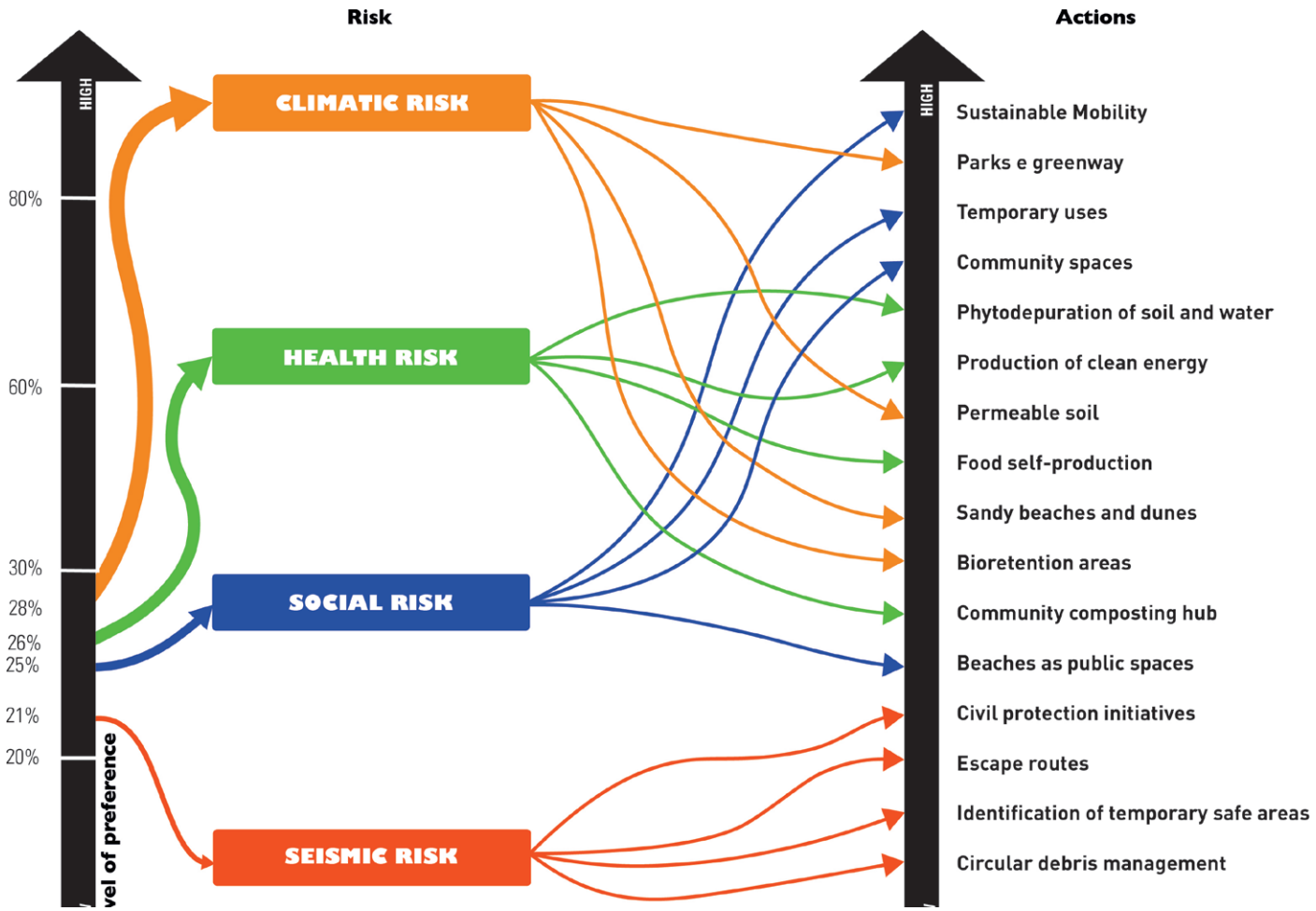
This study was carried out within the RETURN Extended Partnership, and received funding from the European

La preferibilità in termini di selezione può essere dovuta a diversi fattori. Se da un lato la giovane età dei partecipanti al gioco – la maggior parte dei partecipanti aveva un'età compresa tra i 19 e i 39 anni – incide in modo rilevante sulla scelta del rischio climatico confermando che la percezione del rischio viene costruita anche dalla comunicazione e dai mass media (Jenkins *et al*., 2024); dall'altro, la percentuale relativamente bassa di preferenze per il rischio sismico, può essere dovuta alla mancanza di eventi sismici catastrofici nell'area di Napoli negli ultimi 39 anni[7], che suggerisce la mancata costruzione di memoria culturale dei pericoli e delle calamità affrontati dalle generazioni precedenti (Schweizer *et al*., 2022).

Conclusioni e prospettive di ricerca

L'attività partecipative sviluppate secondo la metodologia di Urban Living Lab di Bagnoli-Coroglio nell'ambito dello Spoke TS1-*Urban and metropolitan settlements* del Partenariato Esteso RETURN ha permesso l'attivazione di un processo partecipato che, mediante l'uso delle tecnologie materiali e immateriali, ha consentito l'integrazione delle dimensioni di co-design socioculturali e ecologiche-biofisiche nelle fasi di co-conoscenza del territorio. L'introduzione di approcci cognitivi e operativi socio-ecologici-tecnologici (McPhearson *et al*., 2022) ha consentito di governare la complessità che caratterizza i sistemi urbani e metropolitani in relazione alle interconnessioni e interdipendenze che interessano l'ambiente costruito e naturale negli scenari di cambiamento climatico e che determinano condizioni di vulnerabilità ed esposizione.
La sperimentazione condotta ha evidenziato che, in relazione agli *stakeholder* e alle fasi del progetto, è necessario introdurre specifici strumenti di *engagement* e condivisione per coniugare innovazione sociale e tecnologica-ambientale contribuendo all'elaborazione di conoscenza e di concept progettuali adeguati agli scenari di transizione (Losasso *et al*., 2024). L'introduzio-

04 |



ne, lo sviluppo e il test di *serious game* nella fase di co-design si è dimostrata particolarmente efficace per il coinvolgimento del pubblico non esperto e caratterizzato dalla fascia di età giovanile, anche in una prospettiva pedagogica. Gli esiti della sperimentazione hanno inoltre permesso l'elaborazione di visioni progettuali condivise capaci di contribuire, in una fase successiva, all'elaborazione di approcci di *progressive upgrade* elaborati dai saperi esperti e finalizzati al supporto decisionale per i portatori di interesse.

Il processo sviluppato in forma di *Proof of Concept* nel RETURN ULL dovrà essere testato in altri contesti urbani critici al fine di verificarne l'efficacia e potenziali sperimentazioni future potranno interessare altri Siti di Interesse Nazionale. Inoltre, nella fase di co-testing sarà necessario il controllo e la verifica delle ricadute dell'ULL in termini di contributo al supporto decisionale per la transizione in chiave ecologica e resiliente dei contesti urbani critici, con l'obiettivo di finalizzare la fase di co-design al supporto decisionale degli attori di processo e testare le strategie messe in campo.

ATTRIBUZIONI E RINGRAZIAMENTI

Nell'unitarietà del contributo degli autori per gli aspetti di concept e metodologia della ricerca i paragrafi "Il Partenariato Esteso RETURN", "Condivisione di conoscenza e Urban Living Lab per l'innovazione dei sistemi socio-ecologici-tecnologici" e "Conclusioni e prospettive di ricerca" sono attribuiti a Maria Fabrizia Clemente, il paragrafo "L'Urban Living Lab di Bagnoli-Coroglio: approcci e strumenti del co-design" a Libera Amenta e il paragrafo "Il gioco come strumento di co-design" a Bruna Vendemmia.

This study was carried out within the RETURN Extended Partnership and received funding from the European Union Next-GenerationEU (National Recovery and Resilience Plan – NRRP, Mission 4, Component 2, Investment 1.3 – D.D. 1243 2/8/2022, PE0000005.

NOTE

[1] Per maggiori informazioni consultare il sito della Fondazione RETURN: https://www.fondazionereturn.it/

[2] Il Sito di Interesse Nazionale di Bagnoli-Coroglio è situato nell'area occidentale di Napoli e si estende su una superficie di circa 249 ettari a terra e 1453 ettari a mare.

[3] Il RETURN *Urban Living Lab* di Bagnoli-Coroglio, in linea con la durata del progetto, è costruito su un orizzonte temporale di tre anni. La metodologia è elaborata a valle dell'approccio metodologico di *co-creation* sviluppato nell'ambito del progetto di ricerca REPAIR Horizon Europe (REPAiR, 2017).

[4] Le attività sono state condotte nell'ambito del Corso Co.De., Città come rete socio-tecnica, Docente L. Amenta. Test condotto da B. Vendemmia e L. Amenta A.A. 2024-25.

[5] Il gioco è stato elaborato dal gruppo di ricerca composto da L. Amenta, R. Iodice, B. Pastena, S. Piccirillo, B. Vendemmia e F. Vingelli.

[6] Si riporta di seguito un estratto del racconto introduttivo «Immaginate di vivere in un quartiere periferico di una grande città, in cui sono presenti diversi rischi ambientali, naturali e antropici. La vostra casa si trova vicino a una vasta area industriale abbandonata, caratterizzata da inquinamento e rovine industriali. Questa area inaccessibile rappresenta un problema significativo per voi dal punto di vista spaziale, economico e sociale: è un luogo insicuro, poco frequentato e scarsamente illuminato. […] Il governo locale sta avviando un lungo e complesso processo di rigenerazione e bonifica di quest'area […]. Come partecipanti a questo gioco, siete invitati a prendere parte a questo processo, che non sarà privo di sfide impreviste. Proporrete azioni basate su un approccio circolare, volte a ridurre l'impatto dei rischi presenti nell'area e a riattivare i cicli di vita urbani. Il risultato finale sarà la costruzione di visioni per questa parte della città».

Union Next-GenerationEU (National Recovery and Resilience Plan – NRRP, Mission 4, Component 2, Investment 1.3 – D.D. 1243 2/8/2022, PE0000005.

NOTES

[1] For further information, refer to RETURN foundation website: https://www.fondazionereturn.it/

[2] The Bagnoli-Coroglio Site of National Interest is located in the western area of Naples, and covers an area of approximately 249 hectares on land and 1453 hectares at sea.

[3] The RETURN Urban Living Lab in Bagnoli-Coroglio, in line with project duration, is built on a three year time horizon. The methodology is processed downstream by the co-creation methodological approach developed within the REPAIR Horizon Europe research project (REPAiR, 2017).

[4] Activities were conducted as part of the Co.De. Course, City as a socio-technical network, L. Amenta Professor. Test conducted by B. Vendemmia and L. Amenta A.A. 2024-25.

[5] The game was developed by the research group composed of L. Amenta, R. Iodice, B. Pastena, S. Piccirillo, B. Vendemmia and F. Vingelli.

[6] The following is an extract from the introductory narrative «Imagine that you live in a suburban neighbourhood of a large city, where various environmental, natural, and man-made hazards are present. Your home is located near a large abandoned industrial area characterised by pollution and industrial ruins. This inaccessible area poses a significant problem for you spatially, economically, and socially: it is an unsafe, scarcely visited, and scarcely illuminated place. […] The local government is embarking on a long and complex process of regeneration and reclamation of this area […]. As participants in this game, you are invited to take part in this process, which will not be without unforeseen challenges. You will propose actions based on a circular approach, aimed at reducing the impact of risks in the area and reactivating urban lifecycles. The end result will be the construction of visions for this part of the city».

[7] The last catastrophic seismic event in the area was the Irpinia earthquake of 23 November 1980, which caused 2734 deaths.

[7] L'ultimo evento sismico catastrofico nell'area è stato il terremoto dell'Irpinia del 23 novembre 1980 che causò 2734 vittime.

REFERENCES

Ahmadov, T., Karimov, A., Durst, S., Saarela, M., Gerstlberger, W., Wahl, M. F., and Karkkainen, T. (2024), "A two-phase systematic literature review on the use of serious games for sustainable environmental education", *Interactive Learning Environments*, pp. 1-22.

Baibarac, C. and Petrescu, D. (2019), Co-design and urban resilience: visioning tools for commoning resilience practices. CoDesign.

Conti, G., Grimaldi, R. and Hockaday, T. (2024), *Knowledge Share: the (R) evolution of Technology Transfer*. Springer Nature Switzerland, Imprint: Springer.

De Jans, S., Van Geit, K., Cauberghe, V., Hudders, L. and De Veirman, M. (2017), "Using games to raise awareness: How to co-design serious mini-games?", *Computers & Education*, *Vol. 110, pp. 77-87.*

Ebbesson, E., Lund, J., Smith, R.C. (2024), "Dynamics of sustained co-design in Urban Living Labs", *CoDesign*, Vol. 20, n. 3, pp. 422-439. Available at: https://doi.org/10.1080/15710882.2024.2303115.

Engez, A., Leminen, S. and Aarikka-Stenroos, L. (2021), "Urban Living Lab as a Circular Economy Ecosystem: Advancing Environmental Sustainability through Economic Value, Material, and Knowledge Flows", *Sustainability*, Vol. 13, n. 5, p. 2811. Available at: https://doi.org/10.3390/su13052811.

Fanzini, D., Venturini, G., Rotaru, I. ., Parrinello, C. and De Cocinis, A. (2020), "Placemaking for the regeneration of the Costanzo Ciano neighbourhood in Piacenza", *TECHNE – Journal of Technology for Architecture and Environment*, Vol. 19, pp. 213–222. Available at: https://doi.org/10.13128/techne-7830.

Hamari J. & Koivisto J. and Sarsa H. (2014), "Does Gamification Work? – A Literature Review of Empirical Studies on Gamification", in Proceedings of the Annual Hawaii International Conference on System Sciences. Available at: https://doi.org/10.1109/HICSS.2014.377.

Hossain, M., Leminen, S. and Westerlund, M. (2019), "A systematic review of living lab literature", *Journal of cleaner production*, Vol. 213, pp. 976-988. Available at: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.12.257

Jenkins, S.C., Lachlan, R.F. and Osman, M. (2024), "An integrative framework for mapping the psychological landscape of risk perception", *Sci Rep,* Vol. 14, p. 10989. Available at: https://doi.org/10.1038/s41598-024-59189-y.

JPI Urban Europe (2013), *Urban Living Labs: Experimenting with city futures*. Available at: https://jpi-urbaneurope.eu.

Losasso, M., Attaianese, E. and Rigillo, M. (Eds) (2024), *Innovazioni Convergenti per lo spazio abitabile*, Clean edizioni, Napoli.

Losasso, M. (2020), "Processi innovativi per l'adattamento climatico nella rigenerazione dei distretti urbani/ Innovating Processes for Climate Adaptation in Urban District Regeneration" in Losasso, M., Lucarelli, M.T., Rigillo, M., Valente, R. (a cura di), Adattarsi al clima che cambia, Collana Studi e Progetti, Maggioli Editore, Santarcangelo di Romagna (RN), pp. 9-14.

Marciano, C., Peresan, A., Pirni, A., Pittore, M., Tocchi, G. and Zaccaria, A. M. (2024), "A Participatory Foresight Approach in Disaster Risk Management: The Multi-Risk Storylines", *International Journal of Disaster Risk Reduction*, p. 104972. Available at: https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2024.104972

McPhearson, T., Cook, E.M., Berbés-Blázquez, M., Cheng, C., Grimm, N.B., Andersson, E. *et al*., (2022), "A social-ecological-technological systems framework for urban ecosystem services", One Earth, Vol. 5, n. 5, pp. 505-518. Available at: https://doi.org/10.1016/j.oneear.2022.04.007.

Paskaleva, K. and Cooper, I. (2021), "Are living labs effective? Exploring the evidence", *Technovation*, Vol. 106, p. 102311. Available at: https://doi.org/10.1016/j.technovation.2021.102311.

Perriccioli, M. (2017), "Innovazione sociale e cultura del progetto", *TECHNE – Journal of Technology for Architecture and Environment*, Vol. 14, Firenze University Press, pp. 25-31.

REPAiR (2017), *PULLs Handbook REPAiR Deliverable 5.1 EU Commission Participant portal. Brussels. Grant Agreement No 688920*. Available at: https://doi.org/10.4233/uuid:321f152a-0fe7-4125-bb98-c8c253e5b3.

Schweizer, P. J., Goble,R., and Renn, O. (2022), "Social Perception of Systemic Risks", *Risk Analysis*, Vol. 42, No. 7. Available at: 10.1111/risa.13831.

Scolobig, A., Komendantova, N., and Mignan, A. (2017), "Mainstreaming Multi-Risk Approaches into Policy", *Geosciences*, Vol. 7, n. 4, p. 129. Available at: https://doi.org/10.3390/geosciences7040129.

Steen, K. and Van Bueren, E. (2017), *Urban Living Labs: A living lab way of working*.

Trogrlić, R. Š., Reiter, K., Ciurean, R. L., Gottardo, S., Torresan, S., Daloz, A. S., ... and Ward, P. J. (2024), "Challenges in assessing and managing multi-hazard risks: A European stakeholders perspective", *Environmental Science & Policy*, Vol. 157, p. 103774. Available at: https://doi.org/10.1016/j.envsci.2024.103774.

Zamenopoulos, T. and Alexiou, K. (2018), *Co-design as collaborative research*. Bristol University/AHRC Connected Communities Programme.

Code4Risk: il *co-design* come pratica di condivisione delle conoscenze per la città resiliente

Just Accepted: May 26, 2025 **Published:** November 06, 2025

Maria Vittoria Arnetoli[1], https://orcid.org/0000-0002-9200-9621 mariavittoria.arnetoli@unifi.it
Marina Block[2], https://orcid.org/0000-0001-6829-5755 marina.block@unina.it
Anna Elisa Bandecchi[3], https://orcid.org/0000-0001-7123-3950 elisa.bandecchi@unifi.it
Giulia Maraviglia[4] giulia.maraviglia@sociolab.it
[1] Dipartimento di Architettura, Università degli Studi di Firenze, Italia
[2] Dipartimento di Architettura, Università degli Studi di Napoli Federico II, Italia
[3] Centro per la Protezione Civile, Università degli Studi di Firenze, Italia
[4] Cooperativa e Impresa Sociale Sociolab, Firenze, Italia

Abstract. La crisi climatica e le fragilità idrogeologiche rendono necessaria la sensibilizzazione della popolazione e la responsabilizzazione delle amministrazioni locali su rischi naturali e resilienza urbana. Con l'obiettivo di innescare sinergie tra rigenerazione circolare e biofilica della città e prevenzione delle emergenze, il progetto di public engagement "Code4Risk" utilizza il co-design come pratica interdisciplinare e multi-attoriale inscritta negli obiettivi di Terza Missione. L'articolo espone la prima fase del progetto, un workshop sviluppato in sessioni di condivisione e co-costruzione di conoscenze e di co-progettazione tramite tavoli tematici che hanno indagato le relazioni tra spazi urbani e condizione multi-rischio, immaginando scenari trasformativi volti alla resilienza ai disastri.

Parole chiave: *Public engagement*; *Citizen Design Science*; Network multi-attoriale; Co-costruzione di scenari; Approccio multi-rischio.

Per un dialogo progettante tra università, istituzioni e comunità su rischi urbani e crisi climatica

Le policrisi che permeano le società contemporanee e le transizioni che ne conseguono impongono un ripensamento dei modelli di sviluppo, da attuare non solo tramite avanzamenti tecnologici, ma innanzitutto con investimenti nel capitale culturale e sociale. L'intrecciarsi di differenti condizioni emergenziali esige un rafforzamento della responsabilizzazione di *stakeholder* e cittadini, affinché la gestione del rischio e l'adattamento climatico diventino strategie condivise oltre che attività specialistiche. In questo quadro, il ruolo dell'università evolve da dispensatrice di saperi a incubatore di reti di cooperazione tra istituzioni e comunità (Claudi de Saint Mihiel, 2019), finalizzate ad accelerare il trasferimento delle competenze accademiche nelle politiche pubbliche.

Città come laboratorio

I dati prevedono un aumento del 40% dei disastri tra il 2015 e il 2030 (UNDRR, 2022), periodo che significativamente coincide con il *Sendai Framework* e l'Agenda 2030. Il bacino del Mediterraneo, con un riscaldamento superiore del 20% alla media globale (IPCC, 2022), rappresenta un *hotspot* climatico per l'elevata vulnerabilità socio-ecologica e la rilevanza del patrimonio costruito esposto ai rischi. L'Italia, in tale contesto, affronta l'aggravarsi di una intrinseca condizione multi-rischio, in cui alle fragilità idrogeologiche si somma l'incremento di alluvioni, inondazioni e temperature record (Legambiente, 2023). L'intensificarsi dei fenomeni climatici estremi acuisce la vulnerabilità urbana, con ripercussioni su sicurezza e vivibilità; tuttavia proprio le città, al contempo vittime e responsabili del riscaldamento globale, possono diventare laboratori di sperimentazione per l'azione climatica.

Progetto come convergenza

In tale prospettiva, il progetto orientato alla rigenerazione urbana deve diventare un punto di convergenza tra *Disaster Risk Reduction* (DRR), *Climate Change Adaptation* (CCA) e obiettivi

Code4Risk: co-design as a knowledge-sharing practice for the resilient city

Abstract. The climate crisis and hydrogeological fragilities make it necessary to raise public awareness and empower local administrations on the issues of natural hazards and urban resilience. With the aim of triggering synergies between circular and biophilic city regeneration and emergency prevention, the public engagement project 'Code4Risk' uses co-design as an interdisciplinary and multi-actor practice embedded in the Third Mission objectives. The article presents the first phase of the project, a workshop developed in sessions of knowledge sharing and co-design through thematic tables that investigated the relationships between urban spaces and multi-hazard conditions, envisioning transformative scenarios aimed at disaster resilience.

Keywords: Public engagement; Citizen design science; Multi-actor network; Scenario co-construction; Multi-risk approach.

Towards a Collaborative Dialogue Between Universities, Institutions, and Communities on Urban Risks and the Climate Crisis

The polycrisis permeating contemporary societies and the consequent transitions call for rethinking of development models. This rethinking should be pursued not only through technological improvements but, above all, through investments in cultural and social capital. The intricate interweaving of multiple emergency conditions requires a heightened sense of responsibility among stakeholders and citizens, ensuring that risk management and climate adaptation evolve into shared strategies beyond specialist activities. Within this paradigm, the role of the university is undergoing a transformation, evolving from a mere provider of knowledge to an incubator of cooperative networks between institutions and communities (Claudi de Saint Mihiel, 2019), aimed at accelerating the translation of academic expertise into public policies.

Cities as Laboratories

Projections foresee a 40% increase in disasters between 2015 and 2030 (UNDRR, 2022), a period that significantly coincides with both the Sendai Framework and the 2030 Agenda. The Mediterranean Basin, which has experienced a 20% increase in temperature above the global average (IPCC, 2022), is a climate hotspot due to its high socio-ecological vulnerability and the relevance of the built heritage exposed to risks. Within this context, Italy faces the worsening of an inherently multi-hazard condition, where hydrogeological fragilities are compounded by the increasing frequency of floods, inundations, and record-

ISSN online: 2239-0243 | © 2025 Author(s) | http://www.fupress.com/techne | DOI: 10.36253/techne-17407
Open access, peer-reviewed article published by Firenze University Press (https://www.fupress.com) and distributed, except where otherwise noted, under the terms of the CC BY 4.0 License for content and CC0 1.0 Universal for metadata

di sostenibilità. Come affermato dall'UNDRR (UN *Office for Disaster Risk Reduction*), una *risk-blind planning* può generare nuovi rischi o condurre a disadattamento, aumentando la vulnerabilità anziché ridurla. Ripensare il patrimonio urbano come sistema *climate and disaster resilient* richiede un approccio che coinvolga sia la *urbs*, intesa come infrastruttura fisica e materiale, sia la *civitas*, ovvero la dimensione sociale e relazionale che definisce l'identità e il funzionamento della città. Affrontare la permacrisi coinvolgendo attivamente le comunità locali offre l'opportunità di rafforzare la coesione sociale e generare innovazione, elementi strategici per le città del futuro (Burdett, 2015).

Università come catalizzatore

Il *World Cities Report 2024* (UN-HABITAT, 2024) evidenzia come l'efficacia delle politiche urbane sia limitata da barriere tecniche, finanziarie e istituzionali, la cui rimozione è essenziale per restituire al progetto capacità operativa e visione strategica di lungo periodo. In questo processo, l'università può fungere da catalizzatore per la transizione ecologica assumendo il ruolo di attore-mediatore tra amministrazioni locali, cittadinanza e associazioni. La Terza Missione vede infatti l'università impegnata come agente di sensibilizzazione capace di informare gli strumenti di *policy* in un' ottica di *governance* orizzontale, superando la dicotomia tra approcci *top-down* e *bottom-up*. L'interazione con la società attraverso metodologie partecipative consente infatti di colmare il divario tra conoscenza e azione (Losasso, 2021), valorizzando la ricerca e la formazione come bene comune.

Condividere conoscenze scientifiche, sensibilizzare la cittadinanza, formare tecnici e amministratori, promuovere spazi di dialogo e co-costruire strategie rappresentano azioni *people-centred* fondamentali per una gestione del rischio orientata alla sostenibilità. Superando modelli rigidi e tecnocratici, la co-creazione di responsabilità collettive emerge come elemento chiave per la resilienza urbana, riconoscendo la città non solo come luogo di esposizione ai rischi, ma anche come spazio di innovazione e adattamento, dove il progetto si colloca lungo il crinale della responsabilità tra ciò che lo determina e ciò che esso determina (Guazzo, 2004).

Gli Approcci Basati sulla Comunità nei processi integrati di DRR e CCA

Fondati sul principio che la partecipazione attiva delle comunità locali contribuisce a individuare soluzioni più efficaci e adeguate al contesto, negli ultimi decenni i *Community-Based Approaches* (CBA) hanno acquisito crescente rilevanza nei processi decisionali. A partire dagli anni Ottanta, la loro diffusione è stata sostenuta da tre tendenze: il riconoscimento dell'adattamento come priorità strategica al pari della mitigazione (UNFCCC, 1992); l'attenzione crescente alla vulnerabilità sociale nelle politiche internazionali; la promozione di pratiche partecipative nella gestione delle risorse naturali (Forsyth, 2013).

La prima conferenza internazionale sui CBA del 2005, organizzata dall'IIED (*International Institute for Environment and Development*), ne sancisce l'importanza, sottolineata poi da documenti chiave come l'Accordo di Parigi con l'articolo 7 sulle politiche adattive, l'Agenda 2030 con l'SDG11 e l'*UNDRR Stakeholder Engagement Mechanism Action Plan* (2018). Più recentemente, il *Global Stocktake* dell'*UN Framework Convention on*

breaking temperatures (Legambiente, 2023). The intensification of extreme climatic events has been demonstrated to exacerbate urban vulnerability, with significant impacts for both safety and liveability. However, it is important to note that cities – which are both victims and contributors to global warming – can also serve as experimental laboratories for climate action.

Project as Convergence

From this standpoint, urban regeneration initiatives must evolve into a nexus for the convergence of Disaster Risk Reduction (DRR), Climate Change Adaptation (CCA), and sustainability objectives. As stated by the United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR), risk-blind planning has the potential to engender new risks or result in maladaptation, consequently amplifying vulnerability rather than mitigating it. In order to transform urban heritage into a system that is both climate-resilient and disaster-resilient, it is necessary to adopt an approach that encompasses both *urbs*, understood as physical and material infrastructure, and *civitas*, the social and relational dimension that defines the city's identity and functioning. The active engagement of local communities in addressing the permacrisis offers an opportunity to strengthen social cohesion and drive innovation, both of which are strategic elements for the cities of the future (Burdett, 2015).

University as a Catalyst

The World Cities Report 2024 (UN-HABITAT, 2024) highlights how the effectiveness of urban policies is frequently limited by technical, financial and institutional barriers, the removal of which is essential to reinstate the operational capacity of planning and a long-term strategic vision. In this process, universities can act as catalysts for ecological transition, assuming the role of mediators between local administrations, citizens and civil society organisations.

The Third Mission positions universities as key agents in raising awareness and informing policy tools within a framework of horizontal governance, thereby overcoming the dichotomy between top-down and bottom-up approaches. Engagement with society through participatory methodologies helps bridge the gap between knowledge and action (Losasso, 2021), enhancing research and education as common goods.

In order to manage risk in a sustainable manner, it is essential to adopt a people-centred approach to risk management. This approach encompasses the sharing of scientific knowledge, the raising of public awareness, the training of professionals and administrators, the fostering of dialogue, and the co-creation of strategies. By moving beyond rigid and technocratic models, the co-creation of collective responsibilities emerges as a key element for urban resilience. This approach acknowledges the city not only as a site of risk exposure but also as a space for innovation and adaptation, where design stands as a critical threshold between shaping the city and being shaped by it (Guazzo, 2004).

Community-Based Approaches in Integrated DRR and CCA Processes

Community-Based Approaches (CBA) have gained increasing prominence in decision-making processes over recent decades, as they are grounded in the

Climate Change (UNFCCC, 2023) ha confermato come l'integrazione tra saperi locali e scientifici e il coinvolgimento delle fasce sociali più vulnerabili (Abastante, 2016) garantiscano una maggiore efficacia delle misure trasformative.
Anche l'Unione Europea, con la EU Mission per l'Adattamento ai Cambiamenti Climatici, ha pubblicato un manuale per supportare il coinvolgimento degli *stakeholder* (EU, 2024). Ciononostante, la partecipazione volta alla resilienza è ad oggi più diffusa nei contesti di crisi del Sud Globale, con poche esperienze significative in Europa (Fraschini *et al*., 2024). Si cita come buona pratica il progetto svedese "HazardSupport[1]", che ha applicato l'approccio *community-based* nella co-progettazione di servizi climatici per il rischio da ondate di calore a Stoccolma e da inondazioni a Karlstad (André *et al*., 2020).
In Italia le esperienze partecipate sono ancora limitate seppur promosse dalla "Strategia Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici" (MATTM, 2014) e dal "Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici" (MASE, 2023). Il portale sulle buone pratiche del Dipartimento della Protezione Civile mappa 23 progetti, concentrati in Toscana, Valle d' Aosta e Liguria. Come esperienze virtuose si citano i progetti "ADAPT2", "Proterina 3 evolution[3]" e "Pitem risk[4]", che coinvolgono cittadini, tecnici e politici in percorsi formativi per migliorare le competenze nella progettazione di spazi urbani resilienti ai rischi urbani (ASVIS, 2022).

Il progetto "Code4Risk"

Nell'inquadramento teorico e operativo delineato, si inserisce il progetto di *public engagement* "Code4Risk[5]", vincitore del bando per progetti di Terza Missione "UNIFI EXTRA 2024". Il progetto è stato promosso dal Dipartimento di Architettura (DIDA) e dal Centro di Protezione Civile (CPC) dell'Università degli Studi di Firenze, e realizzato con il supporto dell'Ufficio di Protezione Civile del Comune di Firenze e con la collaborazione di Sociolab nell'ideazione e nella facilitazione delle attività.
Configurandosi come esperienza di *Responsible Research and Innovation*, "Code4Risk" mira a promuovere l'integrazione degli obiettivi di sostenibilità dell'Agenda 2030 alla prevenzione delle emergenze attraverso lo sviluppo di attività di *citizen science* (Irwin, 1995). Il progetto, infatti, adottando una prospettiva multi-rischio che integra pericoli di carattere idrogeologico e climatico, mira a co-progettare strategie di pianificazione preventiva e progettazione biofilica per aumentare le capacità di risposta e recupero dell'ambiente urbano.
L'iniziativa si è svolta nel periodo giugno-ottobre 2024. L'articolo presenta il workshop di co-design, prima attività partecipativa del progetto, cui è seguita la progettazione e realizzazione in autocostruzione dell'installazione temporanea "NaturainCittà" in Piazza Madonna della Neve a Firenze, curata dal Laboratorio di Architettura e Autocostruzione del DIDA e integrata nelle attività della campagna "Io non rischio" del Comune di Firenze (13/10/2024).

Il workshop di co-design "Co-progettare la città resiliente ai rischi è un gioco!"

Metodi e obiettivi

Adottando un format che combina attività di divulgazione scientifica e sensibilizzazione della cittadinanza e degli attori al loro coinvolgimento attivo tramite la co-progettazione, il *workshop* ha costituito uno spazio di intelligenza collettiva mettendo

principle that active community participation contributes to identifying more effective and context-appropriate solutions. Since the 1980s, the diffusion of CBAs has been driven by three key trends. Firstly, there has been a growing recognition of the importance of adaptation as a strategic priority on par with mitigation (UNFCCC, 1992). Secondly, there has been a growing attention to social vulnerability in international policies. Thirdly, there has been a promotion of participatory practices in natural resource management (Forsyth, 2013).
The first international conference on CBA, held in 2005 by the International Institute for Environment and Development (IIED), was a significant milestone in affirming their importance. This recognition has been further reinforced by key documents such as the Paris Agreement (notably Article 7 on adaptive policies), the 2030 Agenda (with SDG11 on sustainable cities and communities), and the UNDRR Stakeholder Engagement Mechanism Action Plan (2018). More recently, the Global Stocktake under the UN Framework Convention on Climate Change (UNFCCC, 2023) reaffirmed that integrating local and scientific knowledge, alongside engaging the most vulnerable social groups (Abastante, 2016), enhances the effectiveness of transformative measures.
The European Union has also embraced this approach through the EU Mission for Climate Change Adaptation, which published a stakeholder engagement handbook (EU, 2024). Nevertheless, participation for resilience-building is currently more prevalent in crisis contexts in the Global South, with relatively few significant experiences in Europe (Fraschini *et al*., 2024). A notable example of this is the Swedish project "*HazardSupport*[1]", which applied a community-based approach to co-design climate services addressing heat wave risks in Stockholm and flood risks in Karlstad (André *et al*., 2020).
Despite the promotion of participatory experiences by the "National Strategy for Climate Change Adaptation" (MATTM, 2014) and the "National Climate Change Adaptation Plan" (MASE, 2023), the number of such initiatives in Italy remains limited. The Civil Protection Department's portal on best practices maps 23 projects, mainly concentrated in Tuscany, Valle d' Aosta, and Liguria. Among the most notable initiatives are "*ADAPT*[2]", "*Proterina 3 evolution*[3]", and "*Pitem Risk*[4]", which engage citizens, technical experts, and policymakers in training programmes to enhance skills for designing urban spaces resilient to urban risks (ASVIS, 2022).

The "Code4Risk" Project

Within the outlined theoretical and operational framework, the public engagement initiative "*Code4Risk*[5]" emerges as a pivotal endeavour, having been awarded funding under the "UNIFI EXTRA 2024" Third Mission call for projects. The project was promoted by the Department of Architecture (DIDA) and the Civil Protection Centre (CPC) at the University of Florence, with the support of the Civil Protection Office of the Municipality of Florence, and in collaboration with Sociolab, which contributed to the design and facilitation of activities.
As an initiative that is aligned with the principles of Responsible Research and Innovation (RRI), Code4Risk seeks to integrate the sustainability objectives

Tab. 01 | Caratteristiche del workshop
Workshop Features

Tab. 02 | Agenda del workshop
Workshop Agenda

in pratica l'approccio "whole of society" (UN-HABITAT, 2024), basato sulla cooperazione tra i diversi livelli istituzionali e comunitari locali e orientato a testare modelli di *governance* ibrida caratterizzati da collaborazioni *multi-stakeholder* e intersettoriali.
In questa prospettiva, adottare l'approccio della *Citizen Design Science* (CDS) permette di raccogliere *input* dalla cittadinanza, sviluppare strategie basate su tali indicazioni e tradurle in piani e azioni concrete (Fattinnanzi, 2018). La cornice teorica della CDS si fonda su tre pilastri metodologici: la *citizen science*, finalizzata alla raccolta diretta di dati dai cittadini; la *citizen design* (Abastante *et al*., 2019), che prevede l'inclusione attiva della comunità nel dibattito progettuale; la *design science*, volta a tradurre le proposte dei cittadini in soluzioni progettuali concrete (Mueller *et al*., 2018). Sebbene i metodi partecipativi siano ampiamente diffusi, la letteratura evidenzia la necessità di metodologie integrate che perseguano il triplice obiettivo della CDS basato su dati, scenari e metodologie (Cravero, 2020).
Oltre alla CDS, il *workshop* "Code4Risk" ha adottato il modello della quintupla elica (Carayannis and Campbell, 2012), che fornisce un quadro teorico utile per comprendere come l'innovazione possa emergere dall'interazione tra università, industria, governo, società civile e ambiente naturale. L'integrazione di questi cinque attori consente di sviluppare strategie basate su un approccio sistemico, in cui la co-creazione della conoscenza e il co-design diventano strumenti chiave per la gestione del rischio e l'adattamento climatico.

La Tabella 1 sintetizza le principali caratteristiche del *workshop*, svoltosi in data 16/06/2024 presso il complesso delle Murate a Firenze.
La giornata si è articolata in due panel (Tab. 2): il primo dedicato alla divulgazione delle conoscenze scientifiche e dei risultati delle ricerche sviluppate dal DIDA e dal CPC; il secondo rivolto al coinvolgimento attivo dei partecipanti in sessioni di lavoro collaborativo organizzate per tavoli tematici. Entrambe le fasi hanno previsto l'alternarsi tra presentazioni frontali e momenti circolari di confronto.

Sessioni teoriche | Divulgazione delle conoscenze scientifiche
Durante la sessione mattutina, gli esperti del DIDA e del CPC hanno affrontato in chiave interdisciplinare i rischi urbani legati a terremoti, alluvioni, precipitazioni estreme, isole e ondate di calore. Sono stati analizzati i fattori di rischio, la classificazione degli *hazard* naturali e gli impatti socio-economici dei disastri, approfondendo il concetto di pericolo "naturale" nell'Antropocene e focalizzandosi sugli scenari futuri della crisi climatica. La sessione ha sottolineato la pervasività dell'impatto dell'uomo sugli equilibri ecosistemici del pianeta e l'importanza di integrare riduzione del rischio e transizione ecologica.
Il coinvolgimento della platea è stato stimolato tramite sondaggi interattivi (Fig. 2) predisposti su Menti.com da Sociolab.
La sessione pomeridiana si è concentrata sul ruolo del progetto nella trasformazione della città in un organismo resiliente. Per

Tab. 01 |

WORKSHOP CHARACTERISTICS	
Number of sessions, typology and duration	5 *sessions* (7 hours 30 minutes in total with 1 hour 45 minutes break)
	2 *theoretical sessions* with knowledge sharing accompanied by interaction with the audience through surveys (60 minutes + 60 minutes)
	2 *working sessions* at thematic tables (90 minutes + 90 minutes)
	1 final restitution session (30 minutes)
Organisers	Department of Architecture UNIFI (lead partner)
	Civil Protection Centre (UNIFI)
	with the collaboration of Sociolab in the development and facilitation of activities
	with the collaboration of the Cultural Association "TEMP- ETS"
Institutions involved	Civil Protection Office of the Municipality of Florence
Patronages	Municipality of Florence
	Order and Foundation of Architects Florence
Partecipants	ca 60 people + organisers + facilitators
Participants' profiles	volunteers, professionals, technical staff, citizens, students, PhD students, researchers, professors
Organisations to which participants belong	*4 UNIFI Schools*: Architecture, Engineering, Agronomy and Earth Sciences
	2 Directions of the Municipality of Florence: Civil Protection and Environment
	8 Civil Protection Volunteer Associations: Swrtt - Swift Water Rescue Team oscana, CRI - Croce Rossa Italiana, ANA - Associazione Nazionale Alpini, Protezione Civile, Badia, VAB - Vigilanza Antincendi Boschivi, CISOM - Corpo Italiano di Soccorso dell'Ordine di Malta, LARES - Unione Nazionale Laureati Esperti in Protezione Civile
	1 other institutions: ANCI Toscana

WORKSHOP AGENDA	
9:30-9:45	*Welcome and institutional greetings*
9:45-10:45	**Session 1 | Knowledge sharing**
	Seismic Risk (CPC expert)
	Idraulic Risk (CPC expert)
	Urban Heat Island and Heat Wave Risk (DIDA expert)
	Dissemination of knowledge on risk (CPC expert)
	Audience surveys
10:45-11:00	*Break*
11:00-12:30	**Session 2 | Discussion at thematic tables**
	Table WATER | *urban flooding and extreme rainfall*
	Table AIR | *urban heat island and heat wave*
	Table EARTH | *earthquake*
12:30-14:00	*Break*
14:00-15:00	**Session 3 | Knowledge sharing**
	Understanding the Resilient City
	Strategies for climate resilient urban spaces (DIDA expert)
	Strategies for post-disaster temporary housing (DIDA expert)
15:00-16:30	**Session 4 | Co-design at thematic tables using interactive models**
	Table WATER | *square*
	Table AIR | *street*
	Table EARTH | *house*
16:30-17:00	**Session 5 | Reporting and final discussion**

| Tab. 02

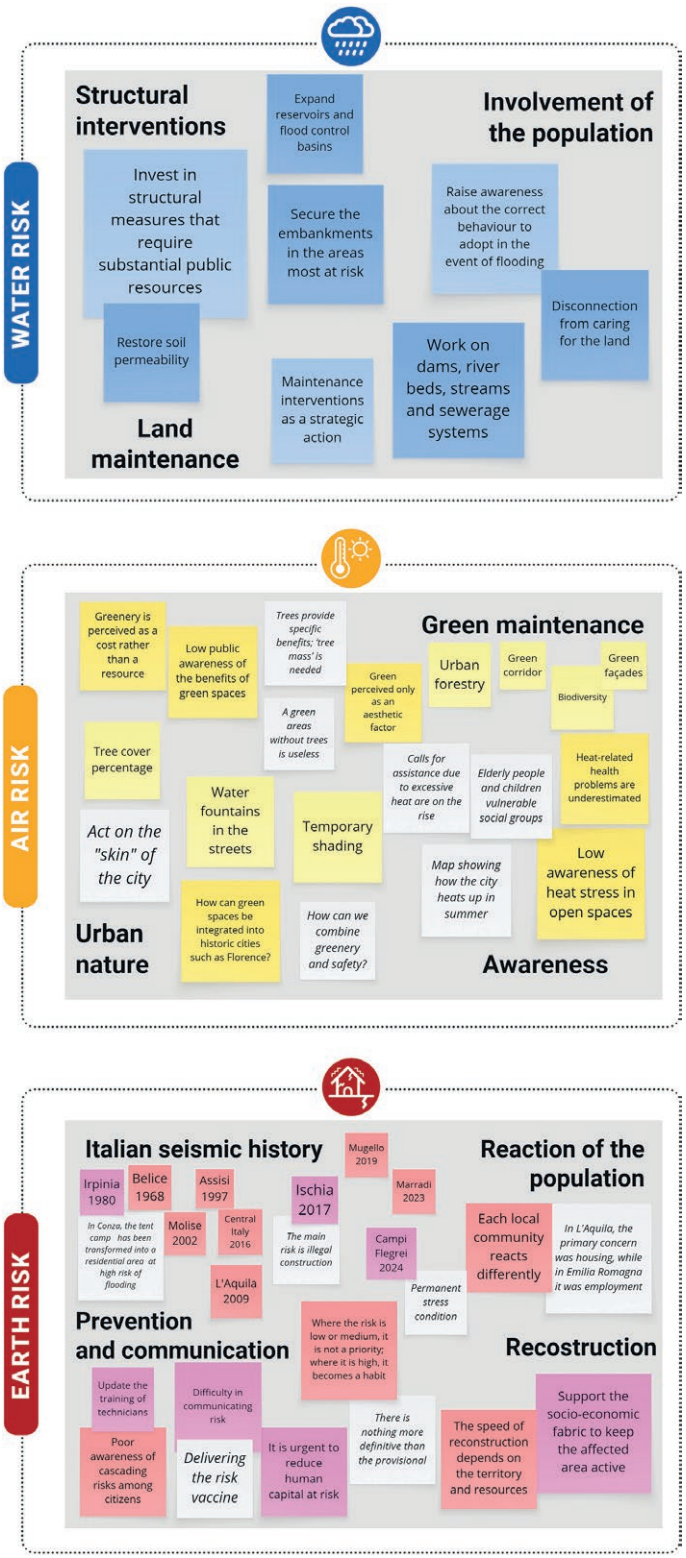
i rischi climatici è stato presentato un abaco di soluzioni adattive applicabili negli spazi pubblici aperti, distinte in verdi e blu (forestazione, giardini della pioggia, *bioswales*, corridoi e coperture verdi, orti urbani, coperture e facciate verdi) e grigie (pavimentazioni riflettenti e permeabili, ombreggianti, sistemi di raccolta e riuso delle acque piovane, bacini inondabili, fontane e specchi d'acqua). Sul rischio sismico si è approfondito l'abitare temporaneo post-emergenza, evidenziando la tendenza degli insediamenti transitori a divenire permanenti e gli impatti ambientali e socio-economici da questi causati nel lungo termine.

Sessioni laboratoriali | Lavoro collaborativo a tavoli tematici orizzontali e multiattoriali

Il lavoro ai tavoli è stato sviluppato a partire da un *framework* comune, che ha previsto un primo momento di confronto sulle sessioni divulgative finalizzato alla co-creazione di conoscenze seguito dall'attività di co-progettazione. I tavoli hanno impiegato dei modelli interattivi come strumento di sintesi e supporto per la restituzione di idee, suggerimenti e riflessioni contestualizzati rispetto alla città di Firenze.

Co-creazione di conoscenze sui rischi urbani

La prima fase ha visto i partecipanti condividere conoscenze e punti di vista a partire dalla percezione quotidiana dei rischi e dalle esperienze personali in contesti post-emergenza. Seppur nell'eterogeneità dei dialoghi stimolati dalle differenti condizioni emergenziali, è possibile rintracciare una comune sensibilità verso la prevenzione, la responsabilizzazione e il coinvolgimento attivo della cittadinanza. Questa fase ha visto l'impiego di lavagne interattive in cui le facilitatrici di Socio-



of the 2030 Agenda into emergency prevention through the development of citizen science activities (Irwin, 1995). By adopting a multi-hazard perspective that incorporates both hydro-geological and climate-related risks, the project aims to co-design preventive planning strategies and biophilic design solutions to enhance the urban environment's response and recovery capacity.

The initiative was conducted from June to October 2024. This paper will focus on the co-design workshop, which was the project's inaugural participatory activity. This was followed by the design and self-construction of the temporary installation "NaturaInCittà" in Piazza Madonna della Neve in Florence. The installation, curated by the Laboratory of Architecture and Self-Construction at DIDA, was integrated into the activities of the Municipality of Florence's *Io Non Rischio* campaign (13/10/2024).

The Co-design Workshop: "Co-designing a Risk-Resilient City is a Game!"

Methods and Objectives

Using a format that combined scientific outreach with public awareness activities, the workshop (Fig. 1) aimed to promote active engagement from citizens and stakeholders through co-design practices. The event served as a space for collective intelligence, applying the "*whole of society*" approach (UN-HABITAT, 2024), which emphasises cooperation across different institutional and local community levels.

The workshop was designed to test models of hybrid governance, characterised by multi-stakeholder and cross-sectoral collaborations. By integrating knowledge-sharing and participatory methodologies, it fostered dialogue between institutions, experts, and the community, contributing to the development of inclusive, resilient urban strategies.

In this perspective, adopting the *Citizen Design Science* (CDS) approach enables to collect input from citizens, to develop strategies based on their contributions, and to translate them into concrete plans and actions (Fattinnanzi, 2018). The theoretical framework of CDS is built on three methodological pillars, namely Citizen science, aimed at collecting data directly from citizens; Citizen design (Abastante *et al.*, 2019), which involves the active inclusion of the community in the design debate;

02 | Foto dei modelli tridimensionali impiegati come materiali interattivi a supporto dell'attività di co-progettazione
Photos of three-dimensional models employed as interactive materials to support the co-design activity

lab hanno riportato quanto emerso dalla discussione tramite *post-it*, disegni e schemi. I diagrammi di seguito sintetizzano le questioni emerse (Fig. 1).

Co-progettazione per la città resiliente

La seconda fase ha previsto l'attività di co-progettazione utilizzando dei modelli architettonici tridimensionali in scala come strumento interattivo in cui spazializzare la discussione (Fig. 2). A ciascun rischio, infatti, è stata associata una "tessera" della città: la piazza per alluvioni e precipitazioni estreme, la strada per isole e ondate di calore, la casa per il terremoto.

Di seguito vengono esplicitate le prospettive interpretative dei tre binomi rischi-elementi urbani, poste ai partecipanti sotto forma di tre domande di progetto (Fig. 3):

– *Tavolo acqua | rischio alluvioni e precipitazione estreme – dispositivo urbano piazza*

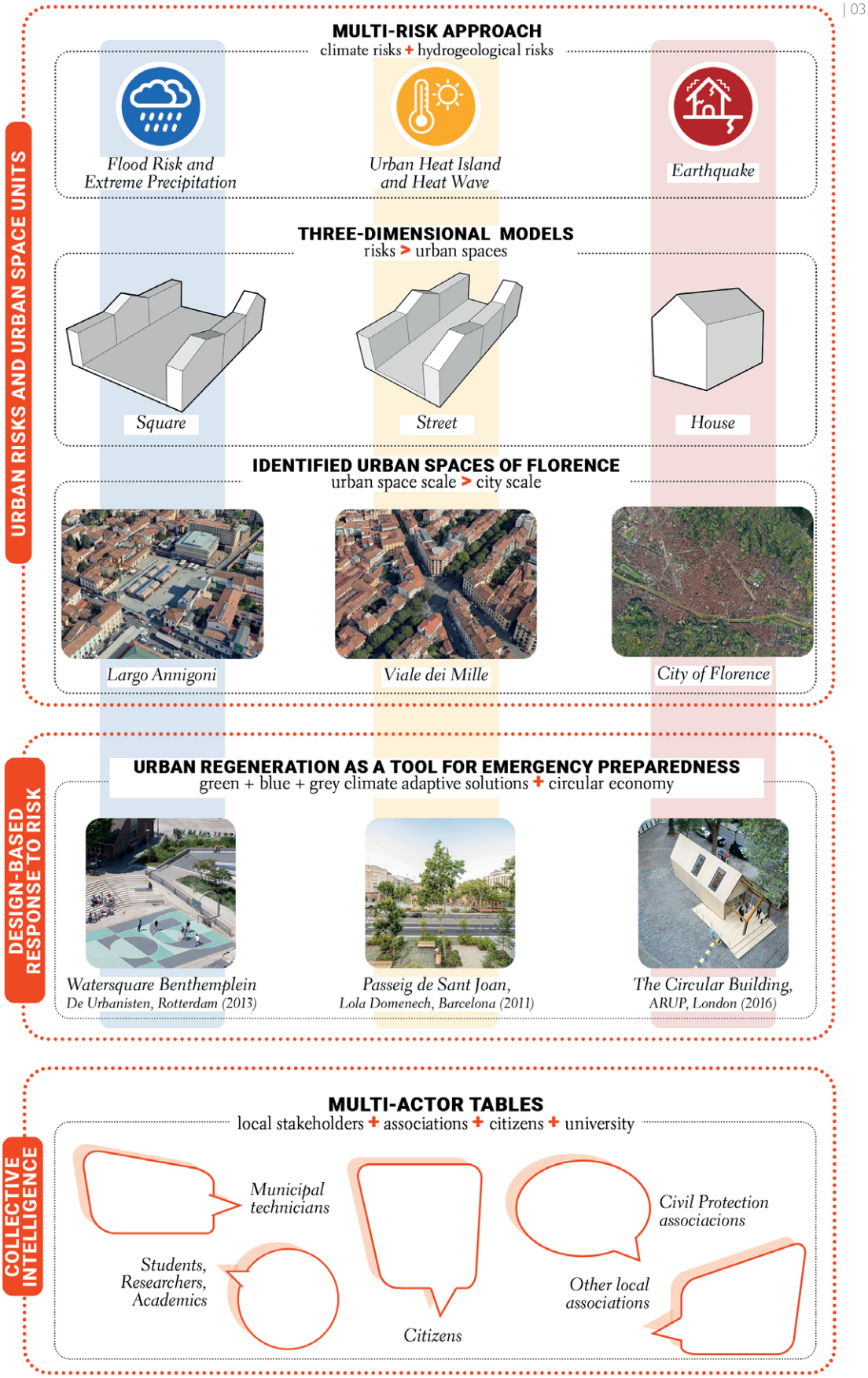
Oltre al rischio idraulico, le città sono esposte a eventi di precipitazioni estreme sempre più frequenti, che causano vere e proprie inondazioni urbane data l'incapacità del sistema fognario di assorbire quantità di acqua così ingenti che si riversano sui suoli ampiamente impermeabilizzati in intervalli di tempo fortemente compressi: Come (ri)progettare spazi pubblici oggi impermeabili e sigillati in dispositivi funzionanti come spugne adattive capaci di assorbire e trattenere l'acqua grazie agli elementi naturali?

– *Tavolo aria | rischio isola e ondate di calore – dispositivo urbano strada*

L'alterazione dei regimi di temperature compromette la vivibilità delle città, portando a problemi di salute e decessi dovuti a fenomeni di scala sovraregionale come le ondate di calore ed eventi strettamente dipendenti dalle caratteristiche morfologiche e materiche della città come le isole di ca-

02 |

03 | Diagramma concettuale sui metodi e gli obiettivi del workshop
Conceptual diagram on workshop methods and objectives



lore: Come (ri)progettare spazi pubblici oggi termicamente inospitali in dispositivi capaci di contenere le temperature fornendo la città di oasi e corridoi verdi?

– *Tavolo terra | rischio terremoto – dispositivo urbano casa*
L'attenzione è stata focalizzata sulla risposta abitativa temporanea post-disastro, meno conosciuta rispetto alle più attenzionate fasi di primo soccorso e ricostruzione, oggi basata sull'impiego di moduli prefabbricati che causano impatti irreversibili sul territorio, generano scarti socio-spaziali ed evolvono in insediamenti degradati: Come pianificare l'abitare provvisorio post-terremoto come dotazione strategica per i territori a rischio basata sulla circolarità delle risorse e sul basso impatto ambientale?

Risultati

A partire da una matrice comune, i tavoli hanno sviluppato differentemente le correlazioni tra rischi ed elementi urbani. Il lavoro è stato riferito al contesto territoriale di Firenze, identificando i caratteri connotanti, i fattori di maggiore criticità e le potenzialità rispetto sia alla trasformazione degli spazi aperti che al potenziamento degli strumenti di prevenzione.
I tavoli dei rischi climatici hanno assunto una prospettiva progettuale similare: muovendo dall'individuazione di uno spazio pubblico ritenuto particolarmente vulnerabile e dunque prioritario, sono state identificate possibili riconfigurazioni spaziali e funzionali basate sull'applicazione delle soluzioni adattive presentate nella sessione divulgativa, coniugando l'integrazione degli elementi naturali con i temi della sicurezza, dell'energia, della biodiversità e dell'accessibilità. Si evidenzia come il tavolo aria-strada abbia sviluppato il progetto attraverso tre scenari temporali con interventi incrementali rivolti al 2030, 2050 e 2100.
Il tavolo del terremoto ha invece lavorato sul rafforzamento degli strumenti pianificatori in ottica di prevenzione strategica, simulando il processo decisionale del post-emergenza. I partecipanti hanno ipotizzato il verificarsi di un evento sismico distruttivo che provoca un fabbisogno abitativo transitorio. Data la dimensione della popolazione sfollata il tavolo ha ritenuto necessario il ricorso agli insediamenti temporanei. La selezione di una possibile area è stata accompagnata dall'individuazione di criteri di scelta e di indicazioni socio-spaziali per ridurre l'impatto psicologico del trasferimento della popolazione nelle aree emergenziali.
Di seguito vengono graficizzati gli esiti dell'attività di co-progettazione nei tre tavoli sotto forma di scheda sintetica (Figg. 4, 5, 6):

Discussione e futuri sviluppi

Il *workshop* ha coinvolto una platea multi-attoriale in attività di co-creazione di conoscenze e co-progettazione con lo scopo di instaurare sinergie tra prevenzione dei rischi, recupero post-disastro e riconnessione con la natura, tematiche cruciali per le società contemporanee e il loro *habitat*, le città, sempre più stressate da emergenze croniche.
Gli esiti e i limiti del workshop possono essere analizzati secondo alcune dimensioni chiave:

– Approccio interdisciplinare: il coinvolgimento di diversi settori scientifici ha definito un ampio inquadramento teorico, l'inclusione di agronomi e climatologi per i rischi idrici e termici, e antropologi e psicologi per il sisma potrebbe ulteriormente arricchirlo;

Design science, focused on translating citizen proposals into concrete design solutions (Mueller *et al*., 2018). Although participatory methods are widely used, the literature highlights the need for integrated methodologies capable of pursuing the triple objective of CDS based on data, scenarios, and methodologies (Cravero, 2020). In addition to CDS, the *Code4Risk* workshop adopted the *Quintuple Helix* model (Carayannis and Campbell, 2012), a theoretical framework that explains how innovation can emerge from the interaction among universities, industry, government, civil society, and the natural environment. The integration of these five actors facilitates the development of strategies through a systemic approach, where knowledge co-creation and co-design become key tools for risk management and climate adaptation.

Workshop Overview and Structure
The following table (Tab. 1) summarises the main features of the workshop held on 16 June 2024 at the Murate Complex in Florence.
The day was structured into two panels (Tab. 2). Panel 1 focused on disseminating scientific knowledge and on presenting research findings developed by DIDA and CPC. Panel 2 centred on actively engaging participants through collaborative working sessions organised around thematic tables.
Both panels combined frontal presentations with circular discussion sessions, fostering interaction and dialogue among participants.

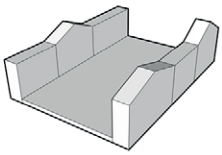
Theoretical Sessions | Dissemination of Scientific Knowledge
During the morning session, experts from DIDA and CPC adopted an interdisciplinary approach to address urban risks related to earthquakes, floods, extreme rainfalls, heat islands, and heat waves.
The discussion analysed risk factors, the classification of natural hazards, and the socio-economic impacts of disasters, with particular focus on the concept of "*natural*" hazards in the Anthropocene with a focus on future climate crisis scenarios. The session emphasised the pervasiveness of human impact on the planet's ecosystem balances, and the importance of integrating risk reduction and ecological transition.
Audience engagement was encouraged through interactive polls conducted via Menti.com, facilitated by Sociolab.
The afternoon session focused on the role of design in transforming the city into a resilient entity. For climate risks, an inventory of adaptive solutions applicable to open public spaces was presented, distinguishing between green and blue strategies – such as forestation, rain gardens, bioswales, green corridors, and green roofs – and grey solutions, including reflective and permeable pavements, shading structures, and rainwater harvesting and reuse systems. Regarding seismic risk, the discussion investigated temporary post-emergency housing, emphasising the tendency of transitional settlements to become permanent over time. The session also explored the long-term environmental and socio-economic impacts of emergency legacy, highlighting the challenges and opportunities associated with post-disaster urban resilience.

Workshop Sessions | Collaborative Work in Horizontal and Multi-stakeholder Thematic Tables
The collaborative work at the thematic tables was structured around a shared

RISK

Flood Risk and Extreme Precipitation

URBAN SPACE



Square

DESIGN QUESTION

How can impermeable and sealed public spaces be (re)designed as adaptive sponge-like systems capable of absorbing and retaining water through natural elements?

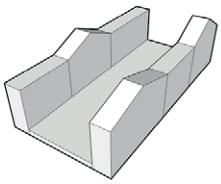
Topics	• Investing in **preventive structural measures**, including securing riverbanks, expanding basins and flood control reservoirs, and restoring soil permeability • Promoting **widespread maintenance** and care of dams, riverbeds and riverbanks • Educating the population on **individual behaviour** and raising **awareness** of land care
Focus on the case study of Florence	• **High criticality of the Florentine territory** has been identified, both in terms of **hydrological risk** and **extreme precipitation events** due to the worsening impacts of climate change • The **mobility axes** near the **minor hydrographic network** have been identified as most at risk, in particular the routes near the **Mugnone and Terzolle rivers**
Selected urban space	Largo Annigoni
Design strategies	• Address the **historical fabric** in **highly frequented areas** close to strategic structures • Combine interventions aimed at **water and heat management** with the use of **nature-based solutions** • Equip the **square** with **shade structures** and **furnishings** to increase its **liveability**, manage **water**, produce **energy** and allow for the creation of **urban gardens**
Applied adaptive solutions	*Shading Devices, Rainwater Harvesting System, Urban Gardens, Trees*

05 |

RISK

Urban Heat Island and Heat Wave

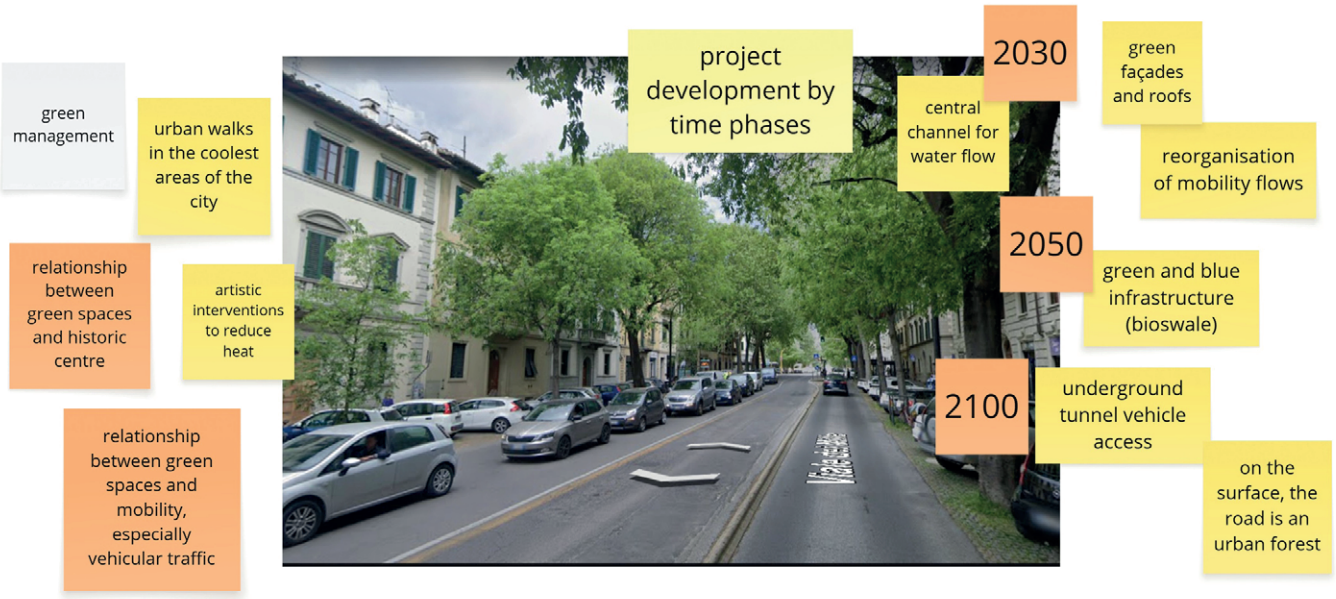
URBAN SPACE



Street

DESIGN QUESTION

How can thermally inhospitable public spaces be (re)designed as devices capable of mitigating temperatures, providing the city with green oases and corridors?

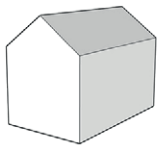


Topics	• Enhancing the "**city skin**", particularly its **green component** and **care and management** • Considering the interrelationships between **natural areas** and multiple aspects of the **citizen-city connection** (mobility, safety, health, historical heritage) • Acting in the most critical areas and improving information on the **ecosystem benefits of nature**
Focus on the case study of Florence	• Given the **high thermal stress in Florence**, it is necessary to develop a strategic vision that considers **greenery** not only for its aesthetic value but also as an **agent of climate mitigation and adaptation** • Create **interconnected urban forests**, not limited to isolated interventions, overcome **fragmentation** • Provide for a system of **data collection** on the **urban microclimate**.
Selected urban space	Viale dei Mille
Design strategies	• Take **long-term action** in three phases, linking the project to **international agendas and European programmes** with targets for **2030, 2050 and 2100** • Reorganise the **road section**, promoting green spaces and public transport, cycling and walking • Increase green and blue elements to create an **urban forest**
Applied adaptive solutions	*Urban Forest, Bioswales, Water Channels, Shading Devices*

RISK

Earthquake

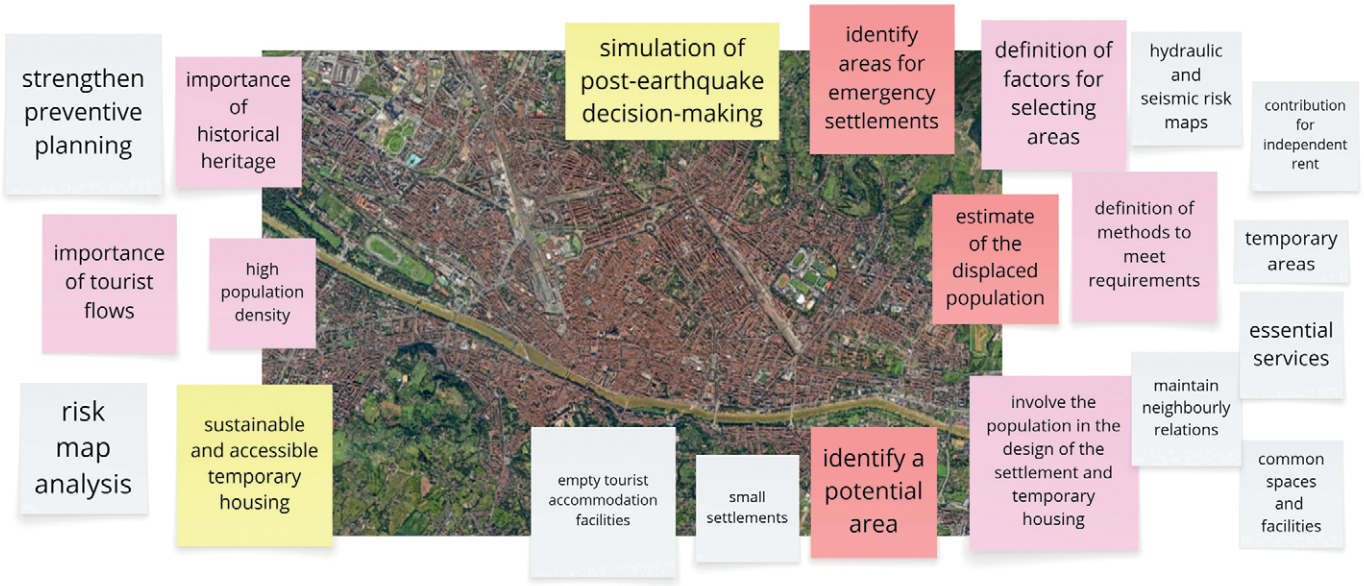
URBAN SPACE



Home

DESIGN QUESTION

How can post-earthquake temporary housing be planned as a strategic asset for at-risk territories, prioritizing resource circularity and low environmental impact?



Topics	• Analysis of **Italian seismic history**, sharing of field experiences and lessons learned • Importance of **prevention** and difficulty in **raising awareness** in both **low-risk** (unlikely) and **high-risk** (customary) **areas**, misinformation about behaviour and building safety • Different reactions of the population due to **socio-anthropological factors**, priority given to home or work • Urgency of maintaining the **socio-economic network** during the long period of **reconstruction**
Focus on the case study of Florence	• Historic centre recognised as a **UNESCO site** and **highly vulnerable building fabric** • **Population density** and high **tourist flows** • Failure to identify **areas for temporary settlements** in the **civil protection plan**
Selected urban space	The most critical area is the **historic centre**, while the **district of Soffiano** is identified for **emergency areas**
Design strategies	• Simulation of **post-earthquake decision-making** at urban and temporary settlement level • Identification of **possible alternative ways to meet temporary housing needs** • Definition of factors for **selecting temporary housing areas** • Definition of **design guidelines** to reduce **post-event psychological trauma**
Applied adaptive solutions	*Preventive and strategic planning, identification of emergency areas, identification of design strategies for emergency settlements (small dimensions, common facilities, social network) and temporary housing (sustainability and accessibility)*

– Platea intersettoriale: i tavoli multi-attoriali hanno efficacemente integrato prospettive diverse grazie alla loro trasversalità, tuttavia la prevalenza di volontari della protezione civile ha orientato la discussione su aspetti legati al primo soccorso;
– Condizione multi-rischio: mentre gli eventi climatici sono percepiti come quotidiani dai partecipanti e l'alluvione rappresenta un rischio storico per Firenze, il sisma, specialmente rispetto alla casa temporanea di emergenza, è risultato meno familiare e conosciuto;
– Interrelazioni tra rischi e ambiente antropico: il tavolo sul terremoto ha simulato il processo di pianificazione preventiva della risposta abitativa post-sisma, mentre i tavoli climatici hanno riprogettato gli spazi pubblici combinando adattamento, vivibilità e sicurezza;
– Attività di co-progettazione: i partecipanti sono stati stimolati ad assumere lo sguardo del progettista, acquisendo consapevolezza sulle potenzialità della pianificazione e della progettazione rispetto alla qualità della vita urbana;
– Materiali interattivi: i modelli tridimensionali hanno costituito dei supporti efficaci al processo creativo e decisionale, permettendo di tradurre in tempo reale idee e suggerimenti in azioni sullo spazio urbano.

In conclusione, il *workshop* ha dimostrato come metodologie partecipative possano generare consapevolezza diffusa e attivare processi di co-progettazione efficaci per affrontare sfide complesse quali il cambiamento climatico, la gestione del rischio e la qualità della vita urbana.
Un risultato tangibile è stata l'attivazione di un confronto diretto con l'amministrazione comunale, che ha contribuito all'istituzione di un *living lab* come dotazione urbana in cui ricerca scientifica, politiche pubbliche e cittadinanza attiva si incontrano, contaminandosi e ibridandosi. Questa prospettiva apre a un impatto concreto, in termini di *governance* collaborativa e pianificazione inclusiva.
Un ulteriore impatto rilevante è rappresentato dall'implementazione dei modelli spaziali in un modello di gioco replicabile, protetto da marchio, che sarà oggetto di future applicazioni come strumento interattivo di confronto e supporto alle decisioni per interventi di rigenerazione urbana. L'immediata adattabilità dei modelli e del gioco a molteplici contesti urbani, esposti a diverse tipologie di rischio e portatori di specificità socio-spaziali, evidenzia la flessibilità e trasferibilità del metodo. Il progetto verrà infatti sviluppato con ulteriori applicazioni in differenti ambiti partecipativi, replicando il format del *workshop* in processi sia di rigenerazione degli spazi pubblici, che di pianificazione preventiva nei territori a rischio e di gestione post-emergenza nelle aree colpite da disastri.
In conclusione, riposizionare la città all'interno della natura e non al di sopra e reimmaginarla come "fitopolis" (Mancuso, 2023), ovvero ecosistema capace di evolvere attraverso meccanismi di adattamento ai cambiamenti ambientali, sarà attuabile solo coinvolgendo attivamente le comunità urbane. Sfida innanzitutto culturale, nella quale l'università può fornire un contributo decisivo.

ATTRIBUZIONE, RICONOSCIMENTI, DIRITTI D'AUTORE

Si ringraziano i componenti del gruppo di ricerca del Dipartimento di Architettura, del Centro per la Protezione Civile dell'Università degli Studi di

framework, beginning with an initial discussion on the theoretical sessions to facilitate the co-creation of knowledge, followed by the co-design activities.
Participants engaged with interactive models designed as tools for synthesis and as a means to organise and present ideas, suggestions, and reflections in relation to the specific urban context of Florence. These models supported a structured yet dynamic exchange, fostering interdisciplinary dialogue and multi-stakeholder engagement in the development of resilient urban strategies.

Co-creation of Knowledge on Urban Risks
In the first phase, participants shared knowledge and perspectives based on their daily perception of risks and personal experiences in post-emergency contexts. Despite the diversity of discussions stimulated by different emergency conditions, a common sensitivity emerged regarding prevention, responsibility, and active citizen engagement. This phase used interactive whiteboards, where facilitators documented key insights from the discussions using post-it notes, drawings, and diagrams. The diagrams in figure 1 provide a synthesis of the main issues raised.

Co-design for a Resilient City
The second phase involved a co-design activity using three-dimensional architectural scale models as interactive tools to spatialise the discussion (Fig. 2). Each type of risk was associated with a specific "tile" representing an element of the city: *square* linked to floods and extreme precipitation, *street* to heat islands and heat waves, and *house* to earthquakes.
The following outlines the interpretative perspectives of these three risk-urban element pairings, which were presented to participants in the form of three design questions (Fig. 3):
– Water Table | Flood Risk and Extreme Precipitation – The Urban Square as a Resilient Device

Beyond hydraulic risk, cities are increasingly exposed to extreme precipitation events, which, due to their growing frequency, lead to urban flooding. This is primarily caused by the inability of drainage systems to absorb large volumes of water that accumulate on heavily impervious surfaces within highly compressed time frames: How can impermeable and sealed public spaces be (re)designed as adaptive sponge-like systems capable of absorbing and retaining water through natural elements?
– Air Table | Heat Island and Heat Wave Risk – The Urban Street as a Resilient Device

Rising temperatures are compromising urban liveability, leading to health issues and fatalities caused by large-scale phenomena such as heat waves, as well as localised events directly influenced by the city's morphological and material characteristics, such as urban heat islands: How can thermally inhospitable public spaces be (re)designed as devices capable of mitigating temperatures, providing the city with green oases and corridors?
– Earth Table | Earthquake Risk – The Urban House as a Resilient Device

The discussion focused on temporary post-disaster housing solutions, a phase less explored than the more widely addressed stages of first response and reconstruction. Current solutions, often based on prefabricated modules, cause irreversible territorial impacts, generate socio-spatial waste,

Firenze e Sociolab per le idee, le competenze e le esperienze messe a disposizione per sviluppare coralmente il progetto, permettendo il raggiungimento dei risultati ottenuti in termini di efficacia e innovazione dell'iniziativa.

Si ringraziano inoltre gli studenti, i volontari e tutti i partecipanti che hanno preso parte alle attività, condividendo problemi, percezioni e desideri per costruire insieme immaginari futuri per la città.

Si ringraziano infine l'Ufficio di Protezione Civile del Comune di Firenze per il supporto organizzativo e comunicativo, le associazioni di Protezione Civile e la cittadinanza per l'attiva e generosa partecipazione al progetto.

Il progetto è stato finanziato dal bando competitivo "UNIFI EXTRA 2024" dell'Università degli Studi di Firenze, Responsabile Scientifico prof. Roberto Bologna.

Le immagini sono attribuite a Maria Vittoria Arnetoli.

NOTE

[1] Fonte: https://www.sei.org/projects/hazardsupport-risk-based-decision-support-for-adaptation-to-future-natural-hazards/

[2] Fonte: https://interreg-maritime.eu/web/adapt/progetto

[3] Fonte: https://interreg-maritime.eu/web/proterina-3evolution

[4] Fonte: https://www.pitem-risk.eu/

[5] Gruppo di ricerca: DIDA – prof. Roberto Bologna (Responsabile Scientifico), prof. Leonardo Zaffi (Responsabile del Laboratorio di Architettura e Autocostruzione), arch. Maria Vittoria Arnetoli, arch. Luciana Bizzini, arch. Marina Block, arch. Arianna Camellato, arch. Ludovica Gregori, arch. Chiara Moretti; CPC – prof. Nicola Casagli, dott.ssa Anna Elisa Bandecchi. Facilitatrici di Sociolab: Giulia Maraviglia, Irene Ieri, Silvia Givone.

REFERENCES

Abastante, F., Lami, I.M., Lombradi, P. and Toniolo, J. (2019), "District energy choices: more than a monetary problem. A SDSS approach to define urban energy scenarios", *Valori e Valutazioni*, Vol. 22, pp. 109-120. Available at: https://siev.org/wp-content/uploads/2020/02/22_08-ABASTANTE-LAMI_eng.pdf (Accessed on 27/02/2025).

Abastante, F. (2016), "Multicriteria decision methodologies supporting decision processes: empirical examples", *Geoingegneria ambientale e mineraria*, vol. 149, n.3, pp. 5-18. Available at: https://www.researchgate.net/publication/318701815_Multicriteria_decision_methodologies_supporting_decision_processes_Empirical_examples (Accessed on 26/02/2025).

ASVIS (2022), *Le buone pratiche dei territori. I territori e gli Obiettivi di sviluppo sostenibile*. Available at: https://asvis.it/public/asvis2/files/Pubblicazioni/ASviS_241209Buone_Pratiche_Territoriali_2023.pdf (Accessed on 27/02/2025).

André, K., Järnberg, L. and Swarling, Å.G. (2020), *Co-designing climate services to support adaptation to natural hazard: Two case studies from Sweden*. Report. Stockholm Environment Institute. Available at: https://weadapt.org/wp-content/uploads/2023/05/co-designing-climate-services-two-swedish-case-studies.pdf (Accessed on 27/02/2025).

Burdett, R. (2015), "Infrastrutture, spazio pubblico ed edilizia di alta qualità nei processi di rigenerazione urbana a Londra", *TECHNE – Journal of Technology for Architecture and Environment*, No. 10, pp. 19-23. Available at: https://oaj.fupress.net/index.php/techne/article/download/4460/4460/4425 (Accessed on 27/02/2025).

Carayannis, E. G. and Campbell, D. F. J. (2012), *Mode 3 knowledge production in quadruple helix innovation systems*, Springer.

Claudi de Saint Mihiel, A. (2019), "La Terza Missione tra dimensione innovativa e funzione di public engagement", *TECHNE – Journal of Technology for Architecture and Environment*, n. 18, pp. 341–344. Available at: https://doi.org/10.13128/techne-7550 (Accessed on 27/02/2025).

Cravero, S. (2020), "Methods, strategies and tools to improve citizens' engagement in the smart cities' context: A Serious Games classification", *Valori e Valutazioni*, No. 24, pp. 45-60. Available at: https://siev.org/5-24-2020/ (Accessed: 05/03/2025).

and evolve into degraded settlements over time: How can post-earthquake temporary housing be planned as a strategic asset for at-risk territories, prioritising resource circularity and low environmental impact?

Results

Starting from a shared framework, the thematic tables developed different connections between risks and urban elements. The discussions were specifically referred to the territorial context of Florence, identifying key defining characteristics, major critical factors, and potential opportunities both in terms of transforming open spaces and strengthening preventive strategies.

The tables addressing climate risks adopted a similar design approach. Beginning with the identification of a particularly vulnerable and high priority public space, participants proposed potential spatial and functional reconfigurations based on the adaptive solutions introduced during the theoretical session. These proposals integrated natural elements while addressing broader themes such as safety, energy efficiency, biodiversity, and accessibility. It is emphasised that the air-street table developed the project through three time scenarios with incremental interventions targeting 2030, 2050 and 2100. Conversely, the earthquake table focused on strengthening planning tools from a strategic prevention perspective by simulating post-emergency decision-making processes. Participants hypothesised a scenario in which a destructive seismic event generated an urgent need for temporary housing. Given the scale of displacement, the group considered the establishment of temporary settlements to be necessary. The selection of a potential site was accompanied by the definition of key selection criteria and socio-spatial guidelines aimed at minimising the psychological impact of relocation to emergency areas.

The outcomes of the co-design activities from each table are visualised in the following summary sheets (Figs. 4, 5, 6).

Discussion and Future Developments

The workshop engaged a multi-stakeholder audience in knowledge co-creation and co-design activities aimed at fostering synergies between risk prevention, post-disaster recovery, and reconnection with nature—critical themes for contemporary societies and their increasingly strained urban habitats.

The outcomes and limits of the workshop can be analysed through several key dimensions:

- Interdisciplinary Approach: The involvement of various scientific fields provided a broad theoretical framework. However, expanding participation to include agronomists and climatologists for water and heat-related risks, as well as anthropologists and psychologists for seismic risk, could further enrich the discussion.
- Cross-sectoral Audience: The multi-stakeholder tables effectively integrated diverse perspectives, fostering transversal dialogue. Nonetheless, the predominance of civil protection volunteers steered discussions toward first-response issues, highlighting the need for broader professional diversity.
- Multi-hazard Awareness: While participants perceived climate-related events as part of their daily experience – especially floods, which represent a historical risk for Florence –

Fattinnanzi, E. (2018), "La qualità della città. Il ruolo della valutazione nelle metodologie di redazione di piani e progetti", *Valori e Valutazioni*, n. 20, pp. 3-12. Available at: https://siev.org/wp-content/uploads/2020/02/20_02_Fattinnanzi.pdf (Accessed on 26/02/2025).

Forsyth, T. (2013), "Community-based adaptation: a review of past and future challenges", *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, Vol. 4(5), pp. 439-446. Available at: https://doi.org/10.1002/wcc.231 (Accessed on 26/02/2025).

Fraschini, F., Franciosi, C., Giambelli, M., Gioia, A. and Morando, M. (2024), "Approcci Basati sulla Comunità (ABC) per definire misure e strategie di adattamento al cambiamento climatico e di riduzione del rischio da disastri: un'analisi di letteratura grigia", in Finardi, U. (Ed.). *Cambiamento climatico e sostenibilità: una visione multidisciplinare*, Quaderni IRCrES 21. CNR-IRCrES, pp. 123-140. Available at: https://doi.org/10.23760/2499-6661.2024.21.06 (Accessed on 26/02/2025).

Guazzo, G. (2004), "Progettare la mutevole immensità della vita", in Perriccioli M. (Ed.), *Incontri dell'Annunziata – Giornate di studio sull'innovazione tecnologica – IV edizione – Atti di convegno – Facoltà di Architettura di Ascoli Piceno*, 3-4 luglio 2002, Edizioni Simple, Macerata pp.7-10.

Irwin, A. (1995), *Citizen science: A study of people, expertise, and sustainable development*, Routledge.

Losasso, M. (2021), "La ricerca. Mario Losasso intervista Roberto Pagani", in Romano, R., Setola, N. and Marzi, L. (Eds.). *La Tecnologia dell'Architettura in una società che cambia*. DIDALABS, Firenze, pp.143-157. Available at: https://issuu.com/dida-unifi/docs/la_tecnologia_dell_architettura_in_una_societa_che/s/12428144 (Accessed on 15/03/2025)

Mancuso, S. (2023), *Fitopolis. La città vivente*. Laterza Edizioni, Bari.

Mueller, J., Lu, H., Chirkin, A., Klein, B. and Schmitt, G. (2018), "Citizen Design Science: A strategy for crowd-creative urban design", *Cities*, Vol. 72, pp. 181-188. Available at: https://doi.org/10.1016/j.cities.2017.08.018 (Accessed on 26/02/2025).

seismic risk, particularly in relation to temporary emergency housing, appeared less familiar.
- Interrelations Between Risks and the Built Environment: The earthquake table simulated the preventive planning process for post-disaster housing, while the climatic tables reimagined public spaces by integrating climate adaptation, urban liveability and safety.
- Co-design Activities: Participants were encouraged to adopt the designer's perspective, gaining awareness of how planning and design can enhance urban quality of life and build resilience.
- Interactive Materials: The use of three-dimensional models proved to be an effective tool for supporting creative and decision-making processes, enabling real-time translation of ideas and suggestions into tangible spatial actions.

To conclude, the workshop demonstrated how participatory methodologies can generate widespread awareness and activate effective co-design processes to address complex challenges such as climate change, risk management and urban quality of life. Direct engagement with the municipal administration was a tangible result, which contributed to the establishment of a living lab as an urban facility where scientific research, public policies and active citizenship meet, mixing and hybridising. This perspective opens up a positive impact, in terms of collaborative governance and inclusive planning. A further relevant impact is represented by the implementation of the spatial models in a replicable, branded game model, which will be the object of future applications as an interactive decision-making support tool for urban regeneration interventions. The immediate adaptability of the models and the game to a wide range of urban contexts, exposed to different types of risk and bearing socio-spatial specificities, highlights the flexibility and transferability of the method. In fact, the project will be developed with further applications in different participative contexts, replicating the workshop format in processes of both regeneration of public spaces, and preventive planning in territories at risk and post-emergency management in disaster-stricken areas. In conclusion, repositioning the city within nature – rather than above it – and reimagining it as a *"phytopolis"* (Mancuso, 2023) – an ecosystem capable of evolving through adaptive mechanisms in response to environmental changes – can only be achieved by actively involving urban communities. This is, above all, a cultural challenge, one where universities can play a crucial role.

NOTES

[1] Source: https://www.sei.org/projects/hazardsupport-risk-based-decision-support-for-adaptation-to-future-natural-hazards/

[2] Source: https://interreg-maritime.eu/web/adapt/progetto

[3] Source: https://interreg-maritime.eu/web/proterina-3evolution

[4] Source: https://www.pitem-risk.eu/

[5] Research group: DIDA – prof. Roberto Bologna (Scientific manager), prof. Leonardo Zaffi, arch. Maria Vittoria Arnetoli, arch. Luciana Bizzini, arch. Arianna Camellato, arch. Ludovica Gregori, arch. Chiara Moretti; CPC – prof. Nicola Casagli, dott.ssa Elisa Bandecchi. Facilitaros of Sociolab group: Giulia Maraviglia, Irene Ieri, Silvia Givone.

''Errante''. Un progetto condiviso per l'attivazione socio-culturale delle aree interne

Just Accepted: May 26, 2025 **Published:** November 06, 2025

Roberto Ruggiero[1], https://orcid.org/0000-0002-5048-9444 roberto.ruggiero@unicam.it
David Giacomelli[2], david.giacomelli3@gmail.com
Matteo Giacomelli[3], https://orcid.org/0000-0003-4208-1788 matteo.giacomelli@polimi.it
[1] Scuola di Architettura e Design, Università di Camerino, Italia
[2] Inabita, Laboratorio Territoriale di ricerca e progettazione sulla rigenerazione territoriale, Ripe San Ginesio, Italia
[3] Dipartimento di Architettura e Studi Urbani, Politecnico di Milano, Italia

Abstract. La Val di Fiastra (alto Maceratese) è un caso emblematico di ecosistema fragile: un'area interna sismicamente vulnerabile, in progressivo calo demografico. Il saggio illustra il progetto "Errante", uno degli interventi di rigenerazione del progetto "Qui Val di Fiastra", vincitore del Bando Borghi PNRR 2023. Nato da una collaborazione tra il laboratorio INABITA, enti e associazioni locali e l'Università di Camerino, Errante è un'infrastruttura itinerante per la diffusione di attività socio-culturali. Integrando principi di progettazione partecipata e metodologie progettuali di prototipazione rapida "trasferite" dal partner universitario alla comunità, Errante definisce una originale procedura di empowerment territoriale in contesti fragili.

Parole chiave: Comunità; Connessione; *Design Thinking*; *Prototype for Commons*; *Small Scale Architecture*.

Le aree interne tra fragilità e innovazione

Le aree interne italiane costituiscono un sistema territoriale caratterizzato da una diffusa policentricità e capillarità insediativa (Lucatelli *et al*., 2022). Tuttavia, i processi di industrializzazione e urbanizzazione avviati nel secondo dopoguerra hanno accentuato squilibri territoriali, seguendo una logica di sviluppo urbano-centrico e neoliberale che ha generato una polarizzazione tra aree integrate nei circuiti di innovazione e territori esclusi (Barca, 2014). Questa dinamica ha prodotto non solo disuguaglianze socio-economiche, ma anche una sottorappresentazione politica e culturale dei territori marginalizzati (Pittau *et al*., 2010), contribuendo al loro progressivo isolamento.

Spesso, le politiche di sviluppo hanno trattato le aree interne come spazi periferici e marginali, sottovalutandone la complessità territoriale e riducendole a oggetti di interventi compensativi (Barbera and De Rossi, 2021; Escobar, 1995). Questa prospettiva trascura il ruolo delle stratificazioni culturali e naturali locali, materiali e immateriali che, co-evolvendosi nel tempo, hanno sostenuto pratiche di gestione sostenibile del territorio e contribuito alla stabilità ecologica (Giacomelli and Calcagni, 2022; Lucatelli *et al*., 2022). La loro erosione rappresenta oggi un fattore di rischio non solo per le aree marginali, ma anche per i poli di sviluppo che hanno beneficiato dello spopolamento di queste zone (Lucatelli *et al*., 2022).

Negli ultimi anni, con la Strategia Nazionale Aree Interne (SNAI), attraverso un approccio *place-based*, si è provato a contrastare lo spopolamento promuovendo politiche di accesso ai servizi essenziali e una maggiore connettività territoriale (Barca, 2009). Nonostante le potenzialità legate a questo strumento, le aree interne restano marginalizzate nei processi decisionali e gli strumenti di coesione territoriale appaiono ancora sottoutilizzati (Barca, 2018).

Tuttavia, le aree interne rappresentano – oltre che un luogo di fragilità – anche un potenziale campo di sperimentazione di modelli alternativi di sviluppo. Lontane dalle dinamiche di crescita proprie dei contesti urbani e metropolitani, esse offrono condizioni potenzialmente favorevoli all'attivazione di pratiche di innovazione sociale basate sul patrimonio culturale e naturale locale (Pellizzoni and Osti, 2008). In quest'accezione,

''Errante'': a collaborative project for the socio-cultural activation of Internal areas

Abstract. Val di Fiastra, located in the upper Macerata area, exemplifies a fragile ecosystem. It is a seismically vulnerable region experiencing a steady demographic decline. This essay presents the "Errante" project, one of the regeneration measures proposed by the "Qui Val di Fiastra" initiative, which was awarded the PNRR 2023 Borghi Call. The project is the result of a collaboration among the INABITA laboratory, local organisations, and the University of Camerino. Errante serves as a mobile infrastructure to promote socio-cultural activities. By integrating the principles of participatory design with rapid prototyping methodologies, which have been "transferred" from the university to the community, Errante establishes a unique approach for empowering territories in fragile contexts.

Keywords: Community; Connection; Design Thinking; Prototype for Commons; Small Scale Architecture.

Internal areas between fragility and innovation

The internal areas of Italy form a territorial system characterised by widespread polycentricity and a capillary settlement pattern (Lucatelli *et al*., 2022). However, the processes of industrialisation and urbanisation that began after World War II have intensified territorial imbalances. This development followed an urban-centric and neoliberal model that created a divide between areas included in innovation circuits and those that were excluded (Barca, 2014; WB, 2009). This dynamic has led to not only socio-economic inequalities but also to political and cultural underrepresentation of marginalised territories (Pittau *et al*., 2010), contributing to their gradual isolation. Development policies have often treated internal areas as peripheral and marginal, underestimating their territorial complexity and reducing them to subjects of compensatory interventions (Barbera and De Rossi, 2021; Escobar, 1995). This perspective overlooks the role of local cultural and natural stratifications, both material and immaterial, which have co-evolved over time, supporting sustainable land management practices and contributing to ecological stability (Giacomelli and Calcagni, 2022; Lucatelli *et al*., 2022).

Today, the erosion of these elements poses a risk not only to marginalised areas but also to the development hubs that have benefitted from their depopulation (Lucatelli *et al*., 2022). In recent years, the National Strategy for Internal Areas (SNAI), through a place-based approach, has sought to counter depopulation by enhancing access to essential services, and promoting greater territorial connectivity

ISSN online: 2239-0243 | © 2025 Author(s) | http://www.fupress.com/techne | DOI: 10.36253/techne-17404
Open access, peer-reviewed article published by Firenze University Press (https://www.fupress.com) and distributed, except where otherwise noted, under the terms of the CC BY 4.0 License for content and CC0 1.0 Universal for metadata

si potrebbe pensare alle aree interne come veri e propri "laboratori" in cui sperimentare nuove forme dell'abitare basate sulla promozione di economie locali, su principi di sostenibilità ambientale (Magnaghi, 2010; Governa, 2005), su dinamiche di mutualismo e collaborazione tra soggetti locali, istituzioni e reti extra-territoriali.

Il progetto Qui Val di Fiastra

In Val di Fiastra, nell'Alto Maceratese, già da alcuni anni si stanno sperimentando pratiche innovative di sviluppo tese a contrastare lo spopolamento e tutti i fenomeni connessi alla condizione di "area interna". Il territorio si estende su circa 180 km² e comprende sei comuni (Ripe San Ginesio, Loro Piceno, Colmurano, San Ginesio, Sant'Angelo in Pontano, Urbisaglia), attraversati dall'omonimo fiume, con una geografia definita dall'interazione tra valle agricola, colline e aree naturali più aspre, modellate dai corsi d'acqua secondari. Questa conformazione ha storicamente favorito un'economia basata sulla piccola proprietà contadina e sulla gestione diretta delle risorse agricole, contribuendo alla definizione di un paesaggio culturale e ambientale radicato nel rapporto tra uomo e natura (Sereni, 1961). Tuttavia, il territorio presenta oggi diverse criticità: spopolamento, fragilità socio-demografica e instabilità ambientale, esacerbate dagli eventi sismici del 2016-2017. Nonostante tali vulnerabilità, la Val di Fiastra conserva un significativo potenziale in termini di patrimonio produttivo, culturale e ambientale, come dimostrano le aree protette dell'Abbadia di Fiastra e del Parco Nazionale dei Monti Sibillini.

In questo contesto nasce, nel 2023, il progetto Qui Val di Fiastra, vincitore del bando Borghi PNRR 2023 (M1C3, Investimento 2.1, "Attrattività dei borghi"). Il progetto si basa sul processo partecipato di rigenerazione territoriale avviato all'interno del festival Borgofuturo[1] nelle edizioni "del Buon Contagio" (2020-2022), e sulle idee generatesi attraverso tavoli di lavoro che hanno coinvolto oltre 100 attori locali provenienti dai sei comuni della vallata.

Partendo dai tre comuni attuatori (Ripe San Ginesio, Loro Piceno e Colmurano), Qui Val di Fiastra prevede una serie di interventi volti a contrastare lo spopolamento, rafforzare il tessuto socioeconomico locale e incrementare la partecipazione culturale in un bacino territoriale che vede coinvolti anche i comuni limitrofi. Il progetto prevede anche la creazione di diversi *hub* – come l'Osservatorio del Paesaggio a Ripe San Ginesio e il Centro di Formazione Giovanile a Colmurano – insieme a interventi di attivazione culturale e valorizzazione del patrimonio territoriale. Tali iniziative mirano a trasformare le vulnerabilità del territorio in opportunità di sviluppo sostenibile e inclusivo, attraverso un approccio integrato e partecipativo.

Errante: un dispositivo tecnologico e mobile un metodo progettuale per la "connessione" di luoghi e persone

Il progetto Errante è uno dei 15 interventi di rigenerazione proposte dal progetto "Qui Val di Fiastra" sviluppato con l'Università di Camerino. Errante è al contempo un dispositivo tecnologico mobile e un metodo progettuale basato sui principi del *design thinking* nato con l'obiettivo di definire una strategia di *enpowerenment* territoriale, un approccio basato su concetti di sviluppo sostenibile e di *governance* inclusiva, dove il territorio non è visto solo come uno spazio fisico, ma come un'entità so-

(Barca, 2009). Despite the theoretical potential of these policies, internal areas remain marginalised in decision-making processes, and the tools for territorial cohesion appear underused (Barca, 2018).

Nonetheless, internal areas can be seen not just as fragile spaces but also as opportunities for experimenting with alternative development models. Distanced from urban growth dynamics, these areas provide favourable contexts for activating social innovation practices rooted in local cultural and natural heritage (Pellizzoni and Osti, 2008). Such territories can become laboratories for new ways of living, fostering local economies based on environmental sustainability and short supply chains (Magnaghi, 2010; Governa, 2005). Moreover, internal areas possess the potential to stimulate mutualism and collaboration among local subjects, institutions, and extra-territorial networks, generating innovations that respond to local specificities and strengthen territorial cohesion (Barbera and De Rossi, 2021).

The "Qui Val di Fiastra" project

In Val di Fiastra, located in the Alto Maceratese, innovative development practices have been implemented for several years to counter depopulation and address issues associated with the condition of an "internal area." The territory covers approximately 180 km² and includes six municipalities: Ripe San Ginesio, Loro Piceno, Colmurano, San Ginesio, Sant'Angelo in Pontano, and Urbisaglia. This area is traversed by the river Val di Fiastra and features a geography shaped by the interplay between agricultural valleys, hills, and more rugged natural landscapes defined by secondary watercourses. Historically, this conformation has fostered an economy based on small peasant properties and the direct management of agricultural resources, thus contributing to a cultural and environmental landscape rooted in the relationship between humans and nature (Sereni, 1961). However, the territory today faces several critical issues, including depopulation, socio-demographic fragility, and environmental instability exacerbated by the seismic events of 2016-2017. Despite these vulnerabilities, Val di Fiastra retains significant potential in terms of its productive, cultural, and environmental heritage, as evidenced by the protected areas of Abbadia di Fiastra and the Monti Sibillini National Park.

In this context, the Qui Val di Fiastra project was initiated in 2023, emerging as the winner of the Borghi PNRR 2023 call (M1C3, Investment 2.1, "Attractiveness of the Villages"). The project is founded on the participatory process of territorial regeneration initiated during the Borgofuturo festival[1], specifically in the "del Buon Contagio" editions (2020-2022). It incorporates ideas developed through working groups that engaged over 100 local actors from the six municipalities in the valley.

While the Qui Val di Fiastra project is implemented in only three municipalities – Ripe San Ginesio, Loro Piceno, and Colmurano – it aims to have a broader impact across the entire region. The project's interventions are designed to combat depopulation, strengthen the local socioeconomic fabric, and enhance cultural participation. Key components include the establishment of various hubs, such as the Landscape Observatory in Ripe San Ginesio and the Youth Train-

ciale e culturale che può essere gestita in modo partecipativo (Karlsen and Larrea, 2016).

Un dispositivo per attivare processi

Errante è innanzitutto un'architettura di piccola scala. Il suo scopo è di connettere luoghi e persone attraverso la diffusione di valori legati all'arte e alla conoscenza: cinema, teatro, allestimenti, formazione sono alcune delle attività previste. Essendo progettato per attivarsi lontano dai grandi centri urbani e anche in territori remoti, Errante permette di trasformare qualsiasi spazio pubblico in un luogo di performance.

La piccola scala (*small-scale architecture*) rappresenta una specifica dimensione del pensiero progettuale in architettura. Dalla *Petite Cabane Rustique*, identificata da Marc-Antoine Laugier (nel suo *Essai sur l'architecture*, 1753) come forma primigenia di architettura, al *Cabanon* di Le Corbusier (1953, Roquebrune-Cap-Martin), fino alle micro architetture *hi-tech* di Richard Horden o alle *Paper Log Houses* di Shigeru Ban, la piccola scala, in epoca contemporanea, ha rappresentato un campo di sperimentazione e riflessione su come abitare, vivere e perfino pensare il pianeta in modo alternativo (Perriccioli *et al*., 2021). *Machine à penser* erano infatti le piccole architetture – protagoniste dell'omonima mostra tenuta nel 2018 presso la Fondazione Prada, a Milano – che filosofi del 900 come Theodor W. Adorno, Ludwig Wittgenstein e Martin Heidegger hanno scelto quale luogo d'elezione dove "partorire i pensieri più profondi".

Come molte architetture di piccola scala, Errante è un dispositivo mobile, senza relazione permanente con il suolo, trasformabile, pensato per "attraversare" il paesaggio fin nei suoi punti più impervi, realizzato con sistemi costruttivi "ultraleggeri" (che ibrida componenti di serie, con una componentistica customizzata e prodotti provenienti da filiere di industrial design), ispirato a criteri di circolarità (*design for disassembly*) e basso costo, pensato per favorire procedure di *self-building* e *self-maintenance*. Per ragioni etiche ma anche pratiche, Errante si configura come infrastruttura *off-grid*, che consente la riduzione dei costi di d'esercizio e minimizza l'impatto ambientale degli eventi culturali nel territorio. Oltre a essere una sfida costruttiva – un'architettura "leggerissima" che ambisce a generare spazialità intime a partire da un kit "rarefatto" di pezzi – Errante incarna l'idea romantica di una "scatola mobile" che "erra" per valli e colline e si dischiude ad ogni sosta "attirando" le comunità con un'offerta di eventi eterogenei nel campo della cultura, dell'arte, dello spettacolo, della formazione e della promozione del territorio. Errante è anche un "bene comune", laddove le associazioni che entrano a far parte della rete territoriale lo condividono (attraverso una piattaforma web che gestisce un meccanismo di prenotazione), potendolo adattare di volta in volta ai propri scopi trattandosi di un artefatto "trasformabile".

Una metodologia partecipata replicabile basata sui principi del design thinking

Errante è il frutto di un'applicazione della metodologia *design thinking* sviluppato in sinergia tra il laboratorio territoriale Inabita[2] – gruppo di progettazione territoriale e ricerca con, al suo interno, membri della comunità con competenze trasversali – e la sua Scuola di Architettura e Design dell'Università di Camerino (Unicam). Il *design thinking* è un approccio innovativo alla risoluzione di problemi progettuali a partire da metodologie proprie delle scienze umane e sociali. Influenzato dal lavoro di

ing Centre in Colmurano, along with initiatives to activate and promote the area's cultural heritage. Ultimately, this initiative seeks to turn the vulnerabilities of the region into opportunities for sustainable and inclusive development through an integrated and participatory approach.

Errante: a technological and mobile device for connecting places and people

The Errante project is one of the 15 regeneration interventions proposed by the Qui Val di Fiastra initiative, developed in collaboration with the University of Camerino. Errante serves as both a mobile technological device and a design method grounded in design thinking principles. Its primary goal is to define a strategy for territorial empowerment, focusing on sustainable development and inclusive governance. In this context, the territory is viewed not merely as a physical space but as a social and cultural entity that can be managed collaboratively (Karlsen and Larrea, 2016).

A Device to trigger processes

Errante is fundamentally a small-scale architectural solution. It aims to connect places and people by spreading values related to art and knowledge, with activities such as cinema, theatre, installations, and training. Designed for activation in remote areas, it enables any public space to be transformed into a venue for performances. The concept of small-scale architecture symbolises a specific dimension within design thinking in architecture. From Marc-Antoine Laugier's Petite cabane rustique, identified in his Essai sur l'architecture (1753), to Le Corbusier's Cabanon (1953) in Roquebrune-Cap-Martin, and up to Richard Horden's hi-tech micro-architectures or Shigeru Ban's Paper Log Houses, small scale architecture has become a field of experimentation regarding how to inhabit and interact with the planet in alternative ways (Perriccioli *et al*., 2021). These small architectures, termed "Machine à penser", were chosen by 20th-century philosophers such as Theodor W. Adorno, Ludwig Wittgenstein, and Martin Heidegger as spaces to foster profound ideas, as evidenced by the exhibition held in 2018 at the Fondazione Prada in Milan.

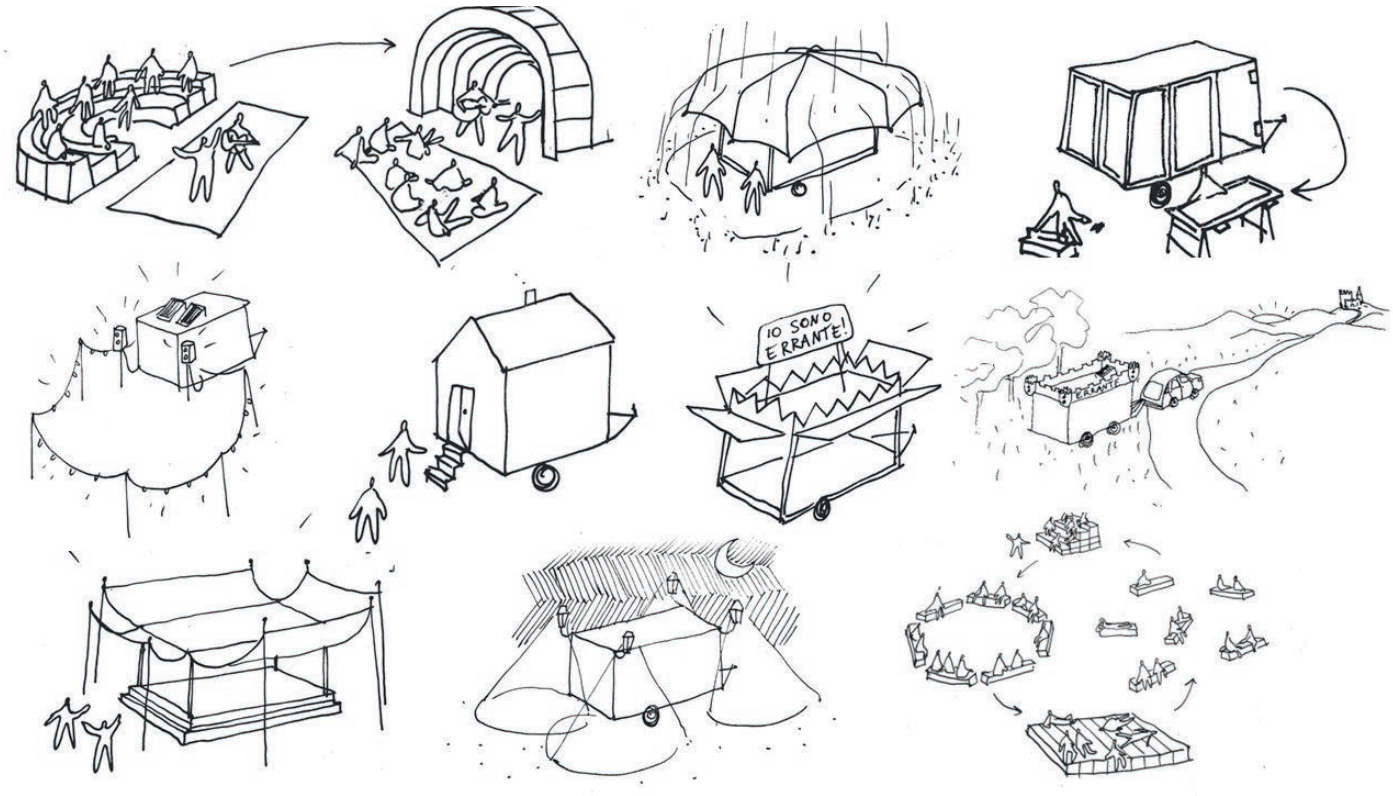
Like many small scale architectural projects, Errante is a mobile device with no permanent ground attachment. It is transformable and designed to navigate even the most challenging landscapes. Constructed using "ultralight" materials – blending standard, customised, and industrial design components – it adheres to principles of circularity (design for disassembly) and affordability. Its design promotes self-building and self-maintenance practices. For both ethical and practical reasons, Errante is configured as an off-grid infrastructure, reducing operating costs and minimising the environmental impact of cultural events in the area. In addition to presenting construction challenges – creating a lightweight structure that offers intimate spaces from a "rarefied" kit of materials – Errante embodies the romantic notion of a "mobile box" that "wanders" through valleys and hills, opening at each stop to reveal its treasures. Its intended audience is the "community", regardless of the specific context of territorial marginality in which it operates. In this sense, Errante is viewed as a "common good". Local associations can integrate it into the territorial

Herbert A. Simon, negli anni '90 David Kelley e Tim Brown hanno contribuito alla sua diffusione sviluppando una metodologia progettuale *user-centred*, articolata in 5 fasi: *empathize, define, ideate, prototype, test* (Nacamulli and Prus, 2022).
Le fasi di contatto con la comunità (*empathize*) e definizione del problema progettuale (*define*) sono state sviluppate attraverso un processo di *networking* sviluppato dal laboratorio territoriale Inabita attraverso due azioni strategiche: la mappatura delle realtà associative legate al settore socio-culturale inizialmente effettuata nel contesto della vallata e, successivamente, estesa alla provincia di Macerata e dintorni; l'organizzazione dei cosiddetti "tavoli di ascolto territoriale. Per questa seconda azione è stata utilizzata la metodologia del *world café*, nata in California nel 1995, basata su piccoli gruppi di discussione che ruotano tra diversi tavoli scambiando idee e favorendo la co-creazione di conoscenza (Brown and Isaacs, 2005). I tavoli hanno riunito 24 associazioni locali, membri del laboratorio territoriale e ricercatori dell'Università. Durante quest'attività di concertazione è stato somministrato alle associazioni un questionario articolato in due parti: la prima legata alle questioni tecniche della futura struttura, l'altra alla forma da dare alla rete di associazioni coinvolte, anche in relazione alle modalità d'uso e di condivisione dell'infrastruttura. Il lavoro è stato svolto su 4 tavoli, definiti sulla base delle 4 funzionalità di utilizzo della struttura mobile emerse come preponderanti nel questionario: musica, teatro/performance, cinema ed esposizioni/formazioni. La presenza di Maelle Berthoumieu, "facilitatrice visiva", ha permesso anche di graficizzare quanto emerso dalla discussione (Fig. 1).
Per la terza fase (*ideate*), elaborando gli esiti della fase di concertazione, il gruppo di ricercatori ha sviluppando, coinvolgendo anche studenti del Corso di Studi in Scienze dell'Architettura, 15 diverse soluzioni progettuali intese quali "alfabeto dei possibili Errante", con riferimento al lavoro di Jean Prouvé e al suo Alfabeto delle strutture, termine con il quale, negli anni '60 del secolo scorso, il lattoniere e designer francese definiva alcuni archetipi della costruzione prefabbricata in acciaio che "potevano essere combinati in modi diversi per formare parole diverse" (Lees Maffei, 2009). Per lo sviluppo dell'alfabeto e affinché la comunità potesse comprendere e valutare le diverse possibili soluzioni (in relazioni alle qualità spaziali, costruttive e ambientali dei manufatti), sono state sviluppate le ultime due fasi del processo di *design thinking* (*prototype* e *test*). Presso i SAAD-Lab#Prototype[3] – il laboratorio di manifattura digitale della Scuola di Architettura e Design (SAAD) dell'Università di Camerino – sono stati realizzati i prototipi in scala 1:20 dei 15 archetipi (Figg. 2; 3). *Prototype for commons,* parafrasando il titolo di un testo di riferimento della cultura digitale del progetto (Sanchez, 2021), è lo slogan che ha accompagnato questa fase del lavoro: esplicitare diversi possibili *output* progettuali relativi agli *input* prodotti con i tavoli d'ascolto per attivare una discussione che portasse alla scelta di quale, tra i possibili Errante (bene comune e condiviso), realizzare.
È in questa fase che è entrato in gioco il *know-how* del partner universitario che ha, di fatto, "trasferito" alla comunità una metodologia progettuale basata sulla prototipazione rapida: un *workflow* digitale che combina modellazione digitale, tecniche di progettazione parametrica-computazionale e prototipazione mediante tecniche CAD-CAM. Risultato di questo processo sono 15 prototipi di possibili Errante in scala 1:20, una scala opportuna per replicare non solo la forma del manufatto ma anche

network, sharing it via a Web platform that manages a booking system. This adaptability allows the device to be tailored to various community needs, thanks to its transformable design.

A replicable participatory methodology based on Design Thinking principles
Errante is the outcome of applying the design thinking methodology, developed in collaboration between the Inabita[2] territorial laboratory – a design and research group that includes community members with diverse skills – and the University of Camerino (Unicam), through a dedicated team of researchers from the School of Architecture and Design. Design thinking is an innovative approach to solving design problems that draws on methodologies specific to the human and social sciences. Influenced by Herbert A. Simon's work, David Kelley and Tim Brown significantly promoted this methodology in the 1990s by establishing a user-centred design process divided into five phases, precisely empathise, define, ideate, prototype, and test (Nacamulli and Prus, 2022).
The initial phases of engaging with the community (empathise), and defining the project problem (define) were implemented through a networking process conducted by the Inabita territorial laboratory. This involved two strategic actions, such as mapping the socio-cultural associations within the valley, which was later extended to the province of Macerata and its surroundings, and organising "territorial listening tables". The World Café methodology was utilised for the latter action. This approach originated in California in 1995, and is based on small discussion groups that rotate between different tables, allowing participants to exchange ideas and co-create knowledge (Brown and Isaacs, 2005). During this event, 24 local associations, members of the territorial laboratory, and researchers from the university were gathered at the tables. A questionnaire was administered to the associations, which was divided into two parts. The first part addressed the technical aspects of the future structure, while the second part focused on the organisation and network of participating associations. This included considerations on how to use and share the infrastructure effectively. The participation of Maelle Berthoumieu, a "visual facilitator", helped in graphically capturing the outcomes of these discussions (Fig. 1).
In the ideation phase, the research group, along with some students, analysed the results of the consultation phase and developed 15 different design solutions, referred to as an "alphabet of possible Errante". This concept is inspired by Jean Prouvé's work. In the 1960s he described some archetypes of prefabricated steel construction that could be combined in various ways to form different structures (Lees Maffei, 2009). The final two phases of the design thinking process (prototype and test) were implemented to create this alphabet and ensure the community could understand and evaluate the various design options based on spatial, constructive, and environmental qualities. At the SAAD-Lab#Prototype[3], the digital manufacturing laboratory of the School of Architecture and Design at the University of Camerino, 1:20 scale prototypes of the 15 archetypes were created. The slogan "Prototype for Commons", which paraphrases a reference text on digital culture (Sanchez, 2021), captured the essence

01 | Illustrazioni della "facilitatrice visiva" Maelle Berthoumieu che sintetizzano alcune delle istanze e delle questioni emerse nei tavoli di discussione
Illustrations by the "visual facilitator" Maelle Berthoumieu that summarise some of the requests and questions that emerged during the discussion tables



la sua tettonica e i suoi principali aspetti costruttivi (Burry and Burry, 2016). Il valore aggiunto di tale *workflow* emerge in due aspetti principali: la velocità di elaborazione delle domande di progetto (rinvenienti dal lavoro dei tavoli) e di esplicitazione di soluzioni progettuali "tangibili"; la messa a punto di un protocollo di verifica dei progetti estremamente rapido ed efficace. Tale protocollo si basa su una procedura di *feedback loop* in cui, per ciascuna soluzione progettuale, il prototipo rivela tutte le criticità della soluzione rendendole esplicite (più di come potrebbe fare un disegno). La valutazione fatta sul prototipo può portare tanto a una modifica del progetto ovvero del modello (gemello) digitale in vista di una successiva fase prototipazione, tanto alla sua soppressione della soluzione (lettera dell'alfabeto, secondo Prouvé) perché ritenuta non passibile di sviluppo. Nel caso di Errante, questo procedimento è stato condiviso con il laboratorio territoriale e con le associazioni che, dalla disamina dei prototipi

of this phase. It aimed to illustrate various possible design outcomes (Figs. 2; 3) informed by the inputs generated during the listening tables, leading to a discussion about which version of Errante (representing common good and sharing) to create. This stage highlighted the university partner's expertise, which effectively transferred a design methodology to the community. This methodology combined digital modelling, parametric-computational design techniques, and rapid prototyping with CAD-CAM techniques, allowing for 1:20 scale prototypes that accurately represented not just the shape but also the structural and construction aspects of the artefacts (Burry and Burry, 2016).

The value of this workflow is evident in two main aspects, namely the speed of processing project requests, facilitated by the use of tables, and the ability to present "tangible" project solutions. Additionally, it establishes a highly efficient project verification protocol. This protocol operates through a feedback loop procedure, in which each project solution is evaluated using a prototype that reveals all critical points of the solution—making them explicit in a way that simple drawings cannot. The evaluation of the prototype can lead to one of three outcomes, which are modification of the project or of the digital model (or twin) during a subsequent prototyping phase, or the rejection of the solution altogether (as described by Prouvé, represented as a letter of the alphabet), if it is deemed unworthy of further development. Ultimately, this process results in only one "competitor" remaining in contention. In the case of Errante, this process was collaborative, sharing insights with the local laboratory and various associations. By examining the prototypes and the production processes used to create them, stakeholders were able to understand not only the different qualities of the proposed design solutions but also the production techniques for each component. "Scalability" is a key principle of digital manufacturing, where the additive and subtractive processes employed to produce scale prototypes are similar – barring the different sizes of the machines and components – to those used for the final production of Errante at a 1:1 scale (Tibbits, 2021).

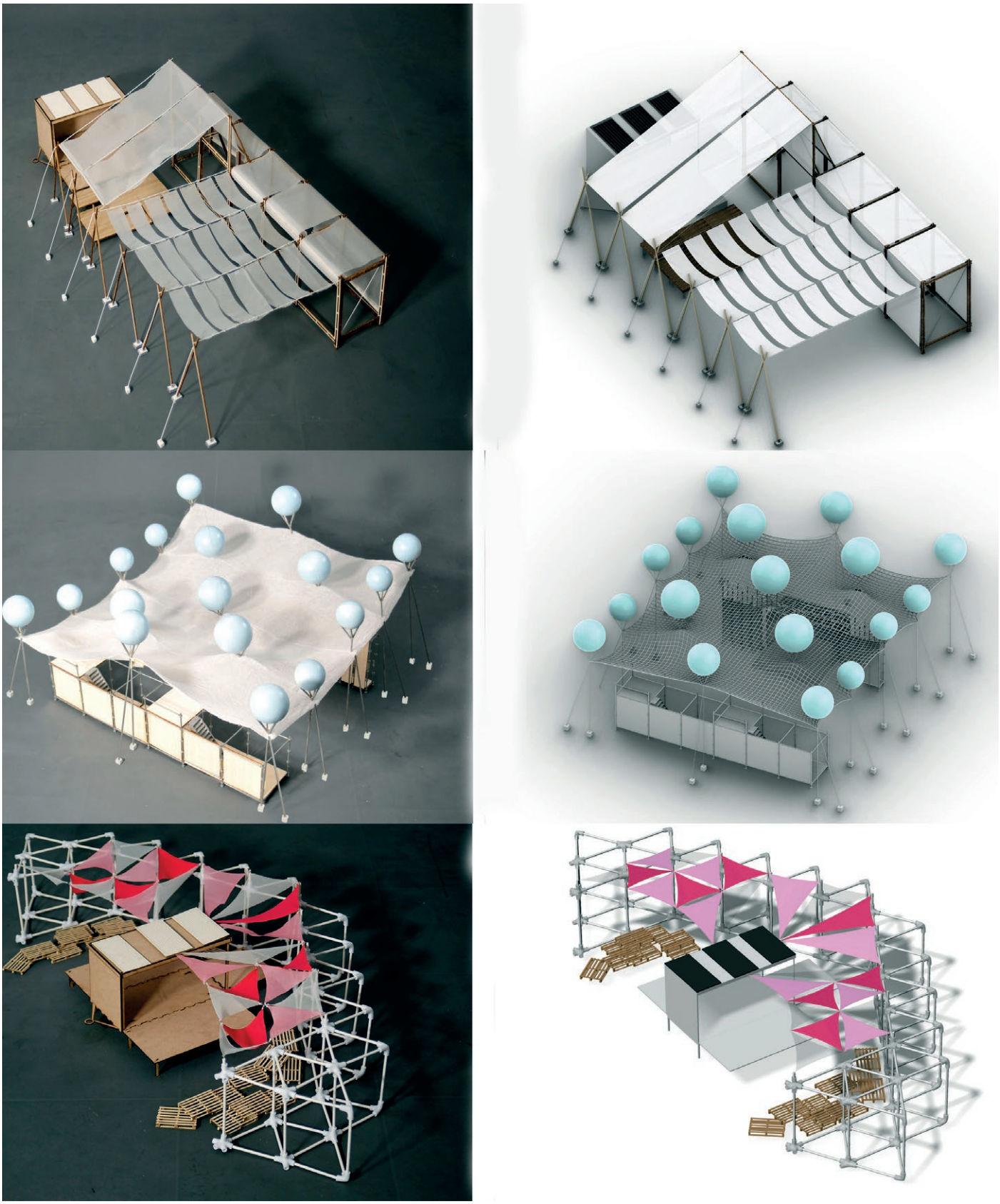
Once this phase was completed, the selected solution underwent testing and engineering. A construction workshop was opened to the entire Val di Fiastra community (Fig. 4), including all stakeholders and the research group, to facilitate the production and assembly of Errante in its current configuration. In this collaborative construction process, artists, scenographers, and graphic designers – such as illustrator Maelle Berthoumieu, artist Nicola Alessandrini, and the association of innovative pedagogists Lesfriches – contributed to enhancing the infrastructure with scenographic and iconographic elements (Figs. 5; 6).

Impacts, diffusion, development

Since its creation, Errante has found a strong diffusion and various occasions of use. In addition to the intensive series of organisational and implementation meetings, the process has led to the signing of an agreement of intent aimed, in addition to the co-management of the structure, at the development of mutualistic practices, collaboration between the entities of the network, promoting social cohesion, stimulating cultural programming,

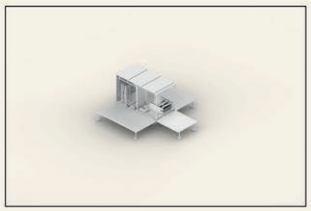
02 | Alcuni dei 15 prototipi (colonna a sinistra) e loro gemelli digitali (colonna a destra)
Some of the 15 prototypes (left column) and their digital twins (right column)

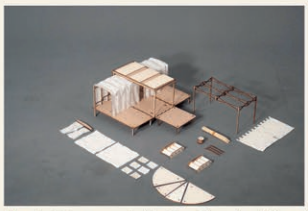
02 |



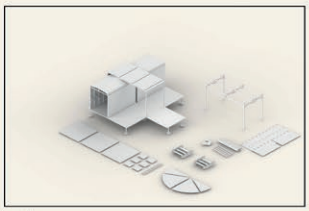
03 | Sequenza costruttiva del prototipo realizzato in scala 1:1 (prototipo reale e gemello digitale)
Construction sequence of the prototype built in 1:1 scale (real prototype and digital twin)

Fase 1: Cassone aperto con kit all'interno

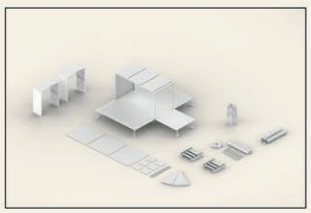


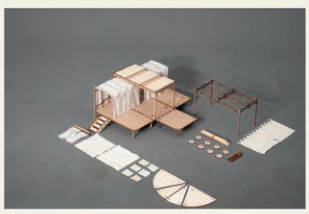


Fase 6: inizio montaggio dei teli per il gazebo e delle pedane da palco

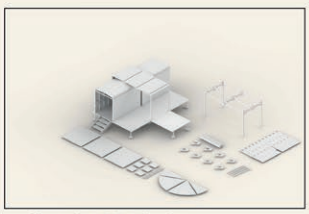


Fase 2 : gli elementi vengono disposti esternamente

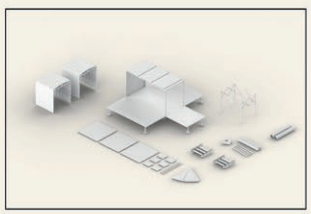


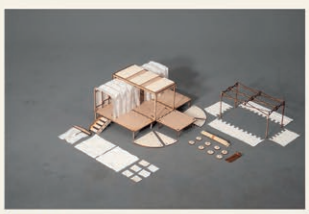


Fase 7 : le scale vengono poste ai lati del cassone, si prepara l'assemblaggio dei pali da pallavolo

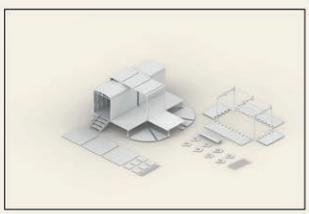


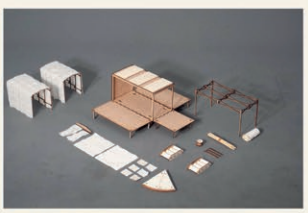
Fase 3 : montaggio tunnel rettrattili e gazebo



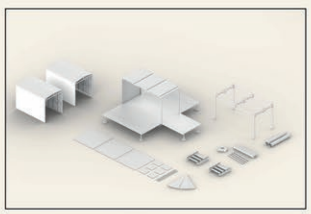


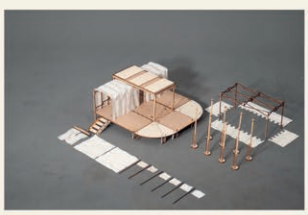
Fase 8 : Posizionamento delle pedane e dei tendaggi



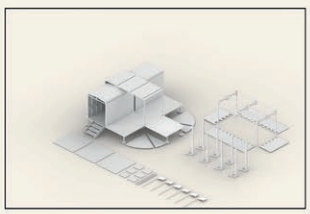


Fase 4 : fine montaggio tunnel rettraili e gazebo

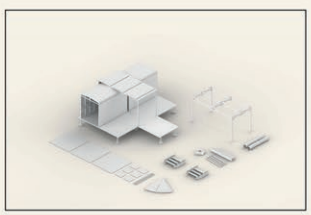




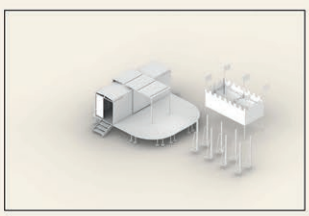
Fase 9 : termine montaggio pali e pedane, vengono disposte le bandiere

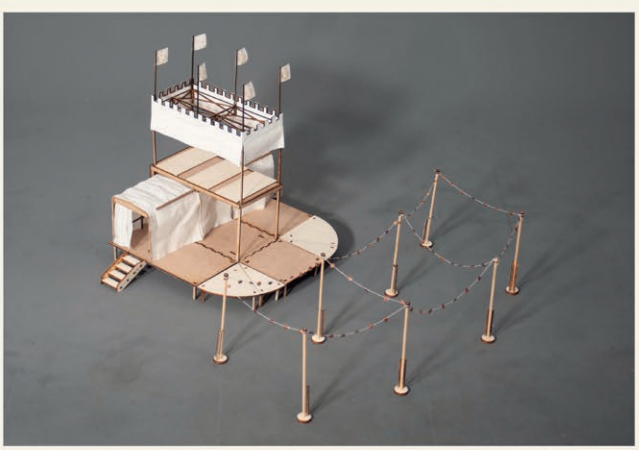


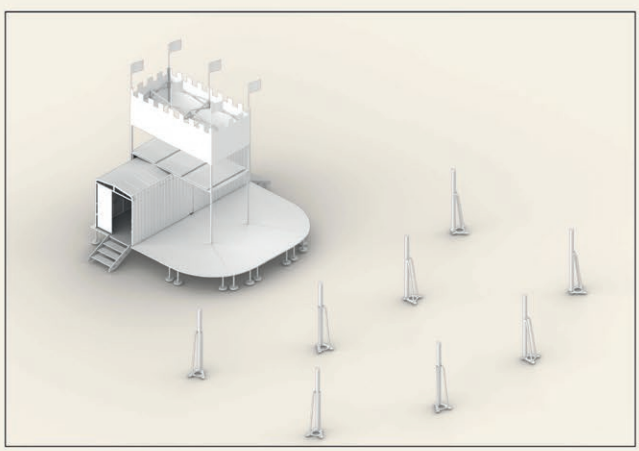
Fase 5 : inserimento tunnel nel cassone



Fase 10 : ultimazione elementi del gazebo







Fase 11 : La configurazione viene completata dal posizionamento del gazebo sulla sommità del cassone e dall'inserimento delle catene di luci

04 | Fase di assemblaggio sviluppata durante il workshop di costruzione tenuto a settembre 2024
Assembly phase developed during the construction workshop held in September 2024

05 | Fasi di produzione delle scenografie e degli accessori di Errante
Production phases of the Errante sets and accessories

| 04

e dei processi di produzione con cui sono stati realizzati, hanno potuto comprendere appieno non solo le diverse qualità delle soluzioni progettuali proposte, ma anche le tecniche di produzione dei singoli componenti. La "scalabilità" è, infatti, uno dei paradigmi chiave della manifattura digitale (Tibbits, 2021), laddove i processi di manifattura additiva e sottrattiva utilizzati per produrre i prototipi in scala sono analoghi, a meno delle diverse dimensioni delle macchine e dei componenti, a quelli adottati per la produzione finale di Errante in scala 1:1.
Completata questa fase, la soluzione prescelta è stata testata (*test*) e ingegnerizzata. Un *workshop* di costruzione (Fig. 4) aperto all'intera comunità della Val di Fiastra, a tutti gli *stakeholder* nonché al gruppo di ricerca, ha consentito di produrre e assemblare Errante nella sua attuale configurazione. In questo processo di costruzione condivisa, artisti, scenografi, grafici – ancora l'illustratrice Maelle Berthoumieu, l'artista Nicola Alessandrini, l'associazione di pedagogiste innovative Lesfriches – hanno contribuito al completamento dell'infrastruttura "sovrascrivendola" con apparati scenografici e iconografici (Figg. 5; 6).

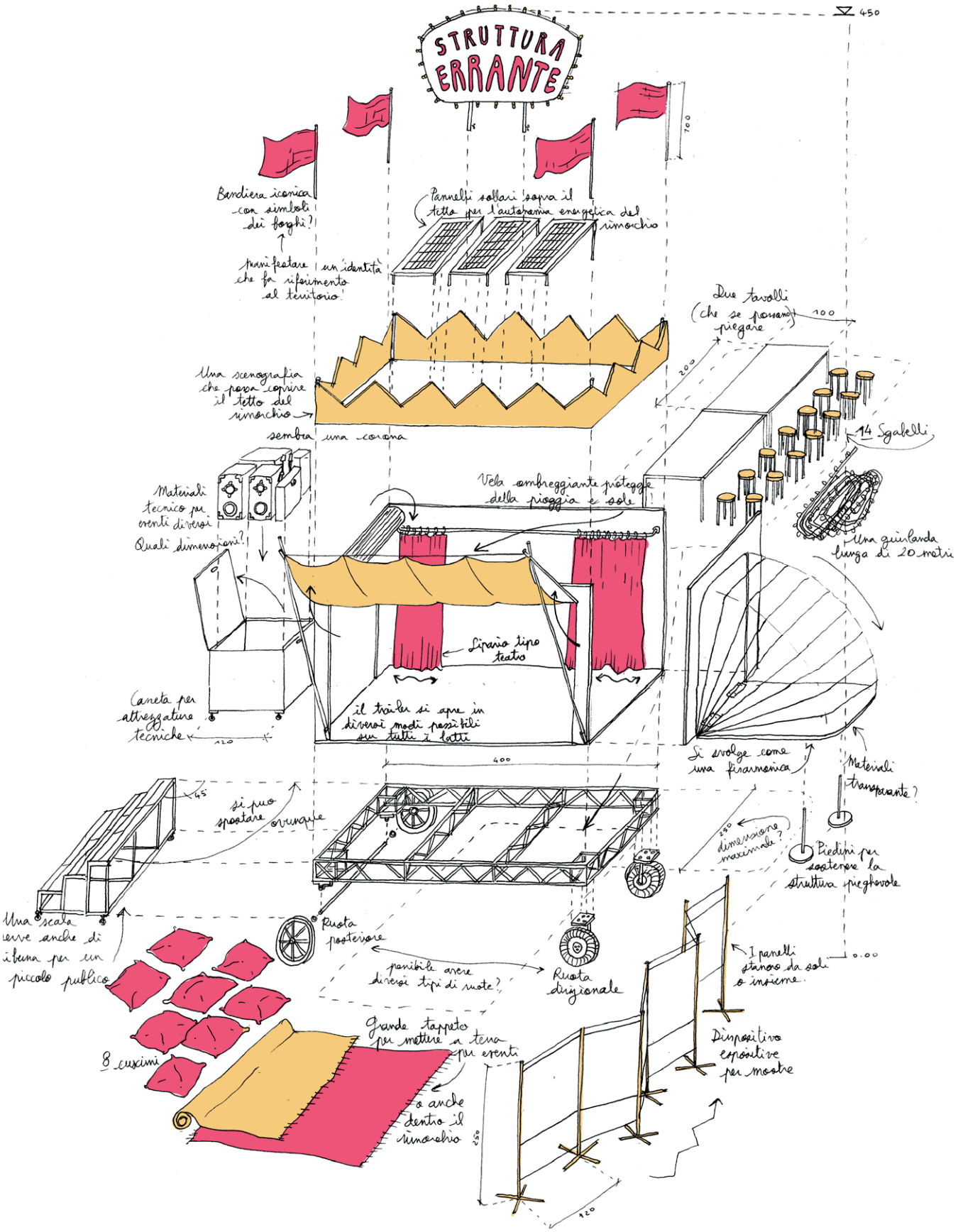
Impatti, diffusione, sviluppo

Sin dalla sua realizzazione, Errante ha trovato una forte diffusione e diverse occasioni di utilizzo. Oltre alla fitta serie di incontri organizzativi e di implementazione, il processo ha portato alla sottoscrizione di un accordo di intenti finalizzato, oltre alla co-gestione della struttura, allo sviluppo di pratiche mutualistiche, di collaborazione tra le realtà della rete, favorendo la coesione sociale, stimolando la programmazione culturale ed ampliando significativamente l'accesso alle attività socio-culturali nelle aree interne dell'entroterra maceratese. La programmazione culturale legata ad Errante prevista per l'estate 2025 conta già 15 appuntamenti in territorio provinciale, 3 in territorio marchigiano e 2 extra regione con una stima di coinvolgimento di oltre 20.000 partecipanti, tra residenti delle comunità e visitatori. Dalle manifesta-

| 05

and significantly expanding access to socio-cultural activities in the internal areas of the Macerata hinterland. The cultural programming linked to Errante planned for the summer of 2025 already includes 15 events in the provincial territory, 3 in the Marche region, and 2 outside the region with an estimated involvement of over 20,000 participants, including residents of the communities and visitors. The events are also expected to have a positive economic and social impact in the province, such as increasing tourism and encouraging visitors to explore rural areas, thus supporting local businesses, strengthening the cultural economy, creating job opportunities for artists, technicians and event coordinators, actively reducing social isolation and promoting intergenerational dialogue in internal areas. Part of the project's success is also linked to the participatory governance model, based on sharing decisions regarding the use and fixed maintenance costs of the structure, thus limiting the structural costs related to the single event.
Testifying to the broad impact of the dissemination strategy undertaken are the many requests for use of the structure received, some of which also come from outside the region. On an international level, the project aims to build a network of connections and exchange of good practices with entities and projects with which it shares approaches and methodologies, such as Yes We Camp and Collectif ETC in France, already encountered in the design phase, and Aberrant Architecture in England.
Looking to the future, possible perspectives include opening the network to other cultural organisations at the regional level, expanding digital dif-

06 | Disegno dell'illustratrice Maelle Berthoumieu raffigurante il sistema costruttivo del prototipo realizzato in scala 1:1
Drawing by the illustrator Maelle Berthoumieu depicting the construction system of the prototype built in 1:1 scale



07 | Errante in azione: festa di lancio a Loro Piceno, 9 novembre 2024
Errante in action: launch party in Loro Piceno. November 9, 2024

zioni si prevede anche un impatto positivo a livello economico e sociale nella provincia: incrementando il turismo e incoraggiando i visitatori a esplorare le zone rurali, dunque supportando le imprese locali; rafforzando l'economia culturale, creando opportunità di lavoro per artisti, tecnici e coordinatori di eventi; riducendo attivamente l'isolamento sociale e favorendo il dialogo intergenerazionale in aree interne. Parte del successo del progetto è legato anche al modello di governance partecipativa, basato sulla condivisione delle decisioni inerenti all'utilizzo e dei costi fissi di manutenzione della struttura, limitando dunque i costi strutturali legati al singolo evento.
A testimonianza dell'ampio impatto della strategia di diffusione intrapresa vi sono le molteplici richieste di utilizzo della struttura ricevute, alcune delle quali provenienti anche da fuori regione. Sul piano internazionale, infatti, il progetto punta alla costruzione di una rete di connessioni e scambio di buone pratiche con realtà e progetti con cui condivide approccio e metodologie, quali *Yes We Camp* ed il *Collectif ETC* in Francia e *Aberrant Architecture* in Inghilterra.
Guardando al futuro, possibili prospettive includono l'apertura della rete ad altre organizzazioni culturali a livello regionale, l'espansione della diffusione digitale attraverso streaming online e modelli di eventi ibridi, lo sviluppo di nuove progettazioni quali, per l'anno 2025, la prevista realizzazione, con medesima metodologia, di un sistema di "aule verdi", ritenendo la formazione fattore strategico per la valorizzazione delle aree interne.

Epilogo

L'alfabeto dei 15 possibili Errante rappresenta un catalogo di soluzioni improntate al principio, parafrasando Mies van der Rohe, del "do more with less". Si tratta infatti di manufatti molto piccoli, ultra leggeri, "fatti" con pochi pezzi, ma capaci di "espandersi" una vota raggiunta la meta. Sono anche il risultato di un approccio progettuale artigianale in cui progettazione e produzione sono fasi sincroniche. Se «the philosopher [...] produces by thinking [...] the craftsman thinks by producing» (Ingold, 2019) ci ricorda l'antropologo inglese Tim Ingold. Questo è lo spirito "galileiano" di Errante, frutto di una crasi tra università (*leading innovator*) e comunità che hanno condiviso un'esperienza di *total design*, per dirla con Lluis Ortega (Ortega, 2019), in una dimensione "socializzante" del progetto d'architettura.
La metodologia proposta beneficia, inoltre, di una processualità propria dell'*Industrial Design,* dove la prototipazione assume un valore strategico per la definizione finale del prodotto e dove lo studio del componente e quello del sistema procedono per vie parallele. Richiamando quanto detto lo storico dell'Architettura Giovanni Menna a proposito delle cabine balneari progettate da Luigi Cosenza per la VI triennale di Milano (1936), le parti di Errante «si possono progettare e produrre come un oggetto di design, ma [...] una volta assemblatene le componenti, diventano un'architettura» (Caruso and Cristallo, 2020). Questa "fluidità" emerge quale ulteriore risultato di una metodologia fondato sulla riduzione delle distanze tra mondi diversi (reale/virtuale, comunità/università) e discipline diverse (architettura/design).
Nell'applicazione dell'approccio *design thinking*, le fasi di *ideate, prototype* e *test*, rappresentano l'apporto più originale fornito dall'università che ha di fatto "trasferito" nel territorio della Val di Fiastra un modello operativo derivante da sperimentazioni

fusion through online streaming and hybrid event models, and developing new projects such as, for the year 2025, the planned creation, with the same methodology, of a system of "green classrooms", considering training as a strategic factor to enhance the value of internal areas.

Epilogue

The alphabet of 15 possible Errante represents a catalogue of solutions based on the principle, to paraphrase Mies van der Rohe, of "do more with less". These are very small, ultra-light artefacts, made of a few pieces, which have the ambition to "expand" once placed in position and to confront and dialogue in a landscape context made of large spaces. But above all, they are the result of an artisanal design approach in which design and production are synchronous phases. If «the philosopher [...] produces by thinking [...] the craftsman thinks by producing» (Ingold, 2019). It reminds us of the English anthropologist Tim Ingold. This is the "Galilean" spirit that animates the proposed methodology. A methodology where universities (leading innovators) and communities have shared an experience of "total design", to quote Lluis Ortega (Ortega, 2019), in a "socialising" dimension of the architectural project.
The proposed methodology leverages a process specific to Industrial Design, in which prototyping plays a strategic role in the final product definition. In this approach, the study of individual components and the overall system advance alongside each other. As historian Giovanni Menna noted regarding the beach cabins designed by Luigi Cosenza for the VI Triennale di Milano in 1936, the parts of Errante

07 |

socio-tecniche già messe a punto dal gruppo di ricerca in altri contesti di ricerca e di Terza missione (Ruggiero, 2023). In particolare, il gruppo di ricerca ha inteso "trasferire" una procedura focalizzata sulla fluidità di un processo progettuale "integralmente" partecipato; sull'organizzazione della domanda di progetto (*input*); sulla valutazione critica della risposta progettuale (*output*), fornendo al contempo il proprio *know-how* nel campo dei sistemi costruttivi leggeri.

Il coinvolgimento dell'università in questo progetto va inquadrato come una delle molteplici azioni di Terza Missione da tempo messe in atto in una regione, le Marche, e in un contesto geografico, l'Italia Centrale, di cui l'Ateneo fa parte, caratterizzato da condizioni storiche di "internità" che il sisma del 2016/2017 ha ulteriormente acuito. Anche per questo, il gruppo universitario coinvolto nel progetto ha costruito negli ultimi anni un solido *know-how* sul tema dell'innovazione digitale nel campo del progetto a supporto delle comunità in contesti di fragilità.

In termini di impatto, Errante ha già dimostrato, nella sua prima uscita pubblica a Loro Piceno nel novembre 2024 (Fig. 7), di funzionare quale dispositivo "aggregante", versatile, capace di unire coloro che, in Val di Fiastra, non sono mai andati via, ma anche di accogliere quelli che son tornati e coloro che, speriamo, arriveranno. In questo senso, Errante è anche un dispositivo per "far festa": «festa stanotte di misere tribù, sparse impotenti di nuclei solitari che è raro di vedere insieme ancora» canta Giovanni Lindo Ferretti, musicista e performer che dalla sua appartenenza alle aree interne (Appennino Tosco-Emiliano) ha sempre tratto motivo di ispirazione[4].

RICONOSCIMENTI

Il progetto Errante si svolge nell'ambito del progetto "Qui Val di Fiastra", vincitore del Bando Borghi PNRR 2023: PNRR M1C3 – Intervento 2.1 – Attrattività dei borghi storici. Progetto locale di rigenerazione culturale e sociale – Misura 11: "Unità mobile per i servizi culturali". Partner. Comune di Ripe San Ginesio (capofila), Comune di Colmurano e Comune di Loro Piceno. La parte scientifica del progetto è stata curata dal laboratorio territoriale Inabita. Nell'anno 2023 il Comune di Ripe San Ginesio ha siglato con l'Università di Camerino (UNICAM) una convenzione per la collaborazione scientifica avente ad oggetto una metodologia progettuale dedicata alla Misura 11. Responsabile per UNICAM dell'accordo: prof. Roberto Ruggiero.

NOTE

[1] Per approfondimenti su Borgofuturo, si veda: https://borgofuturo.net/

[2] Per approfondimenti su Inabita, si veda: https://www.inabitalab.com/

[3] Il SAAD-Lab#Prototype, è un *fab-lab* universitario dotato di dispositivi per la fabbricazione digitale additiva e sottrattiva, principalmente macchine CNC e stampanti 3D-

[4] Versi tratti da: Fuochi Nella Notte (Di San Giovanni), brano musicale del Consorzio Suonatori Indipendenti (C.S.I.) il cui testo è stato scritto da Giovanni Lindo Ferretti.

REFERENCES

Barbera, F. and De Rossi, A. (2021), *Metromontagna. Un progetto per riabitare l'Italia,* Donzelli Editore, Roma.

Barca, F., Casavola, P. and Lucatelli, S. (2014), "Strategia Nazionale per le Aree Interne. Definizione, Obiettivi, Strumenti e Governance", *Materiali Uval – Dipartimento per lo Sviluppo e la Coesione economica*, n. 31. Available at: https://politichecoesione.governo.it/it/documenti-ed-esiti-istituzionali/documenti-del-nucleo/materiali-uval/documenti/numero-31-strategia-na-

«can be designed and produced as a design object; however, once the components are assembled, they become an architecture» (Caruso and Cristallo, 2020). This "fluidity" represents an additional outcome of a methodology that minimises the gaps between different realms (real/virtual, community/university), and various disciplines (architecture/design).

The same methodology, in particular for the aspects of ideate, prototype and test, is the most original contribution provided by the university, which has "transferred" to the territory of Val di Fiastra an operational model deriving from socio-technical experiments developed by the research group in the field of teaching and the Third Mission (Ruggiero, 2023). In particular, the research group intended to "transfer" a procedure focused on the fluidity of a "fully" participatory design process; on the organisation of the project application (input); and on the critical evaluation of the design response (output), while providing its know-how in the field of lightweight construction systems.

The university's involvement in this project should be viewed as part of the broader range of Third Mission initiatives that have been undertaken in the Marche region and Central Italy, an area facing historical challenges of "internality" that have been worsened by the earthquake of 2016/2017. As a result, the university team engaged in this project has developed a strong expertise in digital innovation aimed at supporting communities in fragile contexts.

In terms of impact, Errante has already shown its potential during its initial public presentation in Loro Piceno in November 2024 (Fig. 7). It acts as an "aggregating" device, capable of bringing together individuals in Val di Fiastra who have stayed, as well as welcoming those who have returned or are yet to arrive. Hence, Errante is also a means of celebration: «tonight, we party for the miserable tribes scattered helplessly across solitary nuclei that seldom gather together again, and the songs soar while the dance moves […] this is how things go; this is how they must go» sings Giovanni Lindo Ferretti, a musician and performer inspired by his roots in the internal areas of the Tuscan-Emilian Apennines[4].

ACKNOWLEDGEMENTS

The Errante project is part of the "Qui Val di Fiastra" project, winner of the PNRR 2023 Borghi Call: PNRR M1C3 – Intervention 2.1 – Attractiveness of historic villages. Local cultural and social regeneration project – Measure 11: "Mobile unit for cultural services". Partners. Municipality of Ripe San Ginesio (leader), Municipality of Colmurano and Municipality of Loro Piceno. The scientific part of the project was managed by the Inabita territorial laboratory. In 2023, the Municipality of Ripe San Ginesio signed an agreement with the University of Camerino (UNICAM) for scientific collaboration concerning a design methodology dedicated to Measure 11. Responsible for UNICAM for the agreement: prof. Roberto Ruggiero.

NOTES

[1] For more information on Borgofuturo, see: https://borgofuturo.net/.

[2] For more information on Inabita, see: https://www.inabitalab.com/.

[3] The SAAD-Lab#Prototype is a university fab lab equipped with devices for additive and subtractive

zionale-per-le-aree-interne-definizione-obiettivi-strumenti-e-governance/ (Accessed on 30.06.2025)

Barca, F. (2009), *An agenda for a reformed cohesion policy: A place-based approach to meeting European Union challenges and expectations (Barca Report),* Brussels: European Commission, Directorate-General for Regional Policy. Available at: https://ec.europa.eu/regional_policy/archive/policy/future/pdf/report_barca_v0306.pdf (Accessed on 30.06.2025)

Barca, F. (2018), *Politica di coesione: tre mosse*. IAI Documents. Brussels: European Parliament. Available at: https://www.iai.it/sites/default/files/barca.pdf (Accessed on 30.06.2025)

Brown, J. and Isaacs, D. (2005), *The World Café: Shaping Our Futures Through Conversations That Matter*, Berrett-Koehler Publishers, San Francisco.

Burry, J. and Burry, M. (2016), *Prototyping for architects. Real building for the next generation of digital designers*, Thames & Hudson, London.

Caruso, I. and Cristallo, V. (2020), *Beachlife design. Per un repertorio di temi e prodotti*, Il Poligrafo, Padova.

Escobar, A. (1995), *Encountering development: the making and unmaking of the Third world*, Princeton University, Princeton, NJ.

Karlsen, J. and Larrea, M. (2016), *Territorial Development and Action Research Innovation Through Dialogue*, Taylor & Francis, Milton Park, UK

Lees-Maffei, G., 2009. "Jean Prouvé. The Poetics of the Technical Object", *Design & Culture*, Vol. 1, n. 1, pp. 126-128. Available at: https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.2752/175470709787375698 (Accessed on 30.06.2025)

Lucatelli, S., Luisi, D. and Tantillo, F. (2022), *L'Italia lontana. Una politica per le aree interne*, Donzelli Editore, Roma.

Giacomelli, M. and Calcagni, F. (2022), *Borgofuturo. Un progetto locale per le aree interne,* Quodlibet, Macerata.

Ingold, T. (2019), *Making*, Raffaello Cortina Editore, Milano.

Magnaghi, A. (2010), *Il progetto locale. Verso la coscienza di luogo,* Bollati Boringhieri, Torino.

Nacamulli, R. Prus, I. (2022), *Il design thinking e la cultura dell'innovazione*, Egea, Milano.

Ortega, L. (2019), *The Total Designer: Authorship in the Architecture of the Postdigital Age*, Actar, Barcelona.

Pellizzoni, L. and Osti, G. (2003), *Sociologia dell'ambiente*, Il Mulino, Bologna.

Perriccioli, M., Ruggiero, R. and Salka, M. (2021), "Ecologia e tecnologie digitali. L'architettura alla piccola scala come luogo di connessioni", *Agathon, International Journal of Architecture, Art and Design*, 10 (21), pp- 36-45. Available at: https://dx.doi.org/10.19229/2464-9309/1032021 (Accessed on 30.06.2025)

Pittau, M.G., Zelli, R. and Gelman, A. (2010), "Economic Disparities and Life Satisfaction in European Regions". *Social Indicators Research*, Vol. 96, n. 2, pp. 339-361. Avalaible at: https://link.springer.com/article/10.1007/s11205-009-9481-2 (Accessed on 30.06.2025)

Ruggiero, R. (2023), "Education in future tense. A *phigital* experience in the field of architecture", in AA.VV. *Transformative Teaching. Focus on Pedagogy 2022. Atti della conferenza internazionale Transformative Teaching, 15-17 November, organizzato da: Florida State University (USA), University of Dundee (UK), Zayed University (United Arab Emirates*), AMPS Proceedings Series, pp 331-345. Avalaible at: https://amps-research.com/event/teaching/schedule/art-and-design-2/education-in-future-tense-a-phigital-experience-in-the-field-of-architecture/ (Accessed on 30.06.2025)

Sanchez, J. (2021) *Architecture for the commons. Participatory systems in the age of platforms*, Routledge, Londra.

Sereni, E. (1961), *Storia del paesaggio agrario italiano,* Laterza, Bari.

Tibbits, S. (Ed.) (2021), *Autonomous Assembly. Designing for a New Era of Collective Construction.* Architectural Design, Vol. 87, John Wiley & Sons, Oxford. Avalaible at: https://onlinelibrary.wiley.com/toc/15542769/2017/87/4 (Accessed on 30.06.2025)

World development Report (2009), *Spatial Disparities and Development Policy*, World Bank, Washington.

digital manufacturing, mainly CNC machines and 3D printers. SAAD-Lab#Prototype is not just a "technology container", but a space where new forms of creativity and innovative design paradigms are developed.

[4] Verses taken from "Fuochi Nella Notte (Di San Giovanni)," a song by Italian rock group "Consorzio Suonatori Indipendenti" (C.S.I.).

Strumenti di supporto all'adattamento climatico in ambito urbano. Il caso di Napoli Ovest

Federica Dell'Acqua, https://orcid.org/0000-0002-8352-2490 federica.dellacqua@unina.it
Sara Verde, https://orcid.org/0000-0002-2339-5936 sara.verde@unina.it
Federica Paragliola, https://orcid.org/0009-0003-1850-7934 federica.paragliola@unina.it
Dipartimento di Architettura, Università degli Studi di Napoli Federico II, Italia

Abstract. La transizione delle città verso assetti *climate resilient* richiede lo sviluppo di strumenti operativi per supportare e rafforzare le capacità della PA nell'attuazione a scala locale delle misure di adattamento climatico in ambito urbano, previste dagli indirizzi di politica tecnica nazionale. Nelle città, il sistema delle attrezzature di quartiere, progettato secondo principi *climate-oriented*, rappresenta una rete potenzialmente efficace nell'incremento dell'adattamento climatico e nella riduzione della vulnerabilità climatica. Sviluppato nell'ambito del progetto PRIN 2022 PNRR "REACT", il contributo illustra i risultati preliminari dell'Unità di Ricerca UNINA, finalizzati a sviluppare un metodo di analisi delle caratteristiche del sistema edificio-spazi aperti che incidono sulla vulnerabilità climatica, e opportuni indirizzi per gli interventi di adattamento climatico per le attrezzature pubbliche considerandone le condizioni di replicabilità in contesti analoghi.

Parole chiave: Adattamento climatico; *Climate neutrality*, Sistema edificio-spazio aperto; Indicatori ambientali; Progettazione ambientale.

Inquadramento tematico

In ambito urbano, il nuovo regime climatico richiede l'applicazione di strategie e azioni *climate-resilient,* volte a incrementare la capacità di adattamento climatico rispetto agli scenari di rischio, attraverso approcci sistemici, scalabili e operativamente attuabili (COM, 2021). L'inazione climatica sta già inficiando il raggiungimento dell'obiettivo fissato nell'Accordo di Parigi di limitare il riscaldamento globale a 1,5°C (Forster *et al*., 2025), rendendo ancora più urgente l'adozione di strategie di adattamento climatico per contrastare impatti e danni in relazione a fenomeni pericolosi che si caratterizzano per maggiore frequenza e intensità. Come evidenziato dall'"Adaptation Gap Report", incrementare l'adattamento climatico richiede l'adozione di strumenti di pianificazione a scala nazionale che garantiscano l'applicazione di strategie eque ed inclusive (UNEP, 2024) accanto a interventi progettuali contestualmente indirizzati.
In Italia il "Piano per la Transizione Ecologica" (MASE, 2022) individua la neutralità climatica come il primo dei suoi cinque obiettivi strategici, e il "Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima" (MASE, 2023b) individua il 2030 come tappa intermedia per la decarbonizzazione e il 2050 come orizzonte per la neutralità climatica. L'approvazione del "Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici" (PNACC) (MASE, 2023a) rappresenta un avanzamento significativo nella predisposizione delle misure di adattamento climatico da parte delle amministrazioni locali, introducendo un *framework* basato su interventi strutturali e non strutturali, nonché su un sistema di monitoraggio e valutazione delle misure attraverso indicatori di impatto. La gestione di processi complessi legati ai rischi climatici negli insediamenti urbani richiede da parte delle PA azioni di *preparedness*, di contrasto dei rischi, nonché strumenti per rendere operativi gli indirizzi del PNACC (2023) finalizzati alla verifica, al controllo e alla comparazione di scenari progettuali di adattamento climatico (British Columbia, 2021; EEA, 2024).
Nei contesti mediterranei, si registra un aumento delle ondate di calore, una diminuzione delle precipitazioni, un aumento delle precipitazioni intense ed estreme, e della siccità come alcuni dei principali hazard climatici (EEA, 2020; CMCC, 2024) rispetto ai quali diventa prioritario agire localmente attraverso interventi fattibili e replicabili.

Support Tools for Climate Adaptation in Urban Areas. The Case of Western Naples

Abstract. The transition of cities towards climate-resilient urban arrangements requires the development of operational tools to support and strengthen the capacity of public administrations to implement climate adaptation measures at the local scale, within the broader urban context as outlined by national technical policy guidelines. In cities, the system of neighborhood facilities, when designed according to climate-oriented principles, represents a potentially effective network for enhancing climate adaptation for the climate vulnerability reduction. The paper, developed within the framework of the PRIN 2022 PNRR "REACT" research project, presents the preliminary results of the UNINA Research Unit, aimed at developing a method for analyzing the characteristics of the building-open space system that influence climate vulnerability, as well as to provide targeted guidelines for climate adaptation interventions on public facilities, considering their potential for replication in similar urban contexts.

Keywords: climate adaptation; climate neutrality; building–outdoor space system; environmental indicators; environmental design.

Thematic framework

In the urban context, the new climate regime demands the implementation of climate-resilient strategies and actions to enhance adaptive capacity in response to risk scenarios and this must occur through systemic, scalable, and operationally feasible approaches (COM, 2021). Climate inaction is already undermining the goal set by the Paris Agreement to limit global warming to 1.5°C (Forster *et al*., 2025), making climate adaptation strategies even more urgent to counter the increasing frequency and intensity of hazardous events and their associated impacts and damages.
As highlighted in the "Adaptation Gap Report", strengthening climate adaptation requires the adoption of national-scale planning tools that ensure the implementation of equitable and inclusive strategies (UNEP, 2024), alongside context-specific project-based interventions.
In Italy, the "National Ecological Transition Plan" (MASE, 2022) identifies climate neutrality as the first of its five strategic objectives, while the "National Integrated Energy and Climate Plan" (MASE, 2023b) sets 2030 as a milestone for decarbonization and 2050 as the target for achieving climate neutrality. The approval of the "National Climate Change Adaptation Plan" (PNACC) (MASE, 2023a) marks a significant advancement in equipping local administrations with

ISSN online: 2239-0243 | © 2025 Author(s) | http://www.fupress.com/techne | DOI: 10.36253/techne-17452
Open access, peer-reviewed article published by Firenze University Press (https://www.fupress.com) and distributed, except where otherwise noted, under the terms of the CC BY 4.0 License for content and CC0 1.0 Universal for metadata

Tuttavia, tradurre i quadri definiti dalle politiche tecniche internazionali in azioni concrete alla scala locale incontra diverse barriere di tipo istituzionale, giuridico e amministrativo, evidenziando un divario tra l'elaborazione di strategie di adattamento climatico e l'applicazione in ambito urbano.

In questo scenario, la Ricerca PRIN 2022 PNRR REACT "Regenerative Processes Enhancement to Address Decision Makers Towards Climate-Proof Transition of Southern Metropolitan Areas"[1] mira a supportare i processi rigenerativi e di transizione climatica delle aree metropolitane meridionali verso assetti *climate resilient*, accompagnando le strategie di adattamento climatico tese alla *carbon neutrality* attraverso progetti dimostratori a diverse scale e su diversi topic. L'obiettivo della ricerca è stato quello di definire, tramite lo sviluppo di strumenti di *open knowledge*, un *workflow* metodologico e operativo per le PA teso a favorire opportune azioni rigenerative e *climate oriented*, apportando un contributo di metodo al superamento di gap e barriere alla transizione climatica dei territori. Nella definizione del *workflow*, l'Unità di Ricerca UNINA del Dipartimento di Architettura dell'Università Federico II di Napoli, ha sviluppato un metodo di valutazione delle caratteristiche del sistema edificio-spazio aperto che incidono sulla vulnerabilità climatica, con indirizzi per gli interventi di adattamento climatico e, successivamente, un tool di verifica delle prestazioni degli interventi attraverso indici e indicatori tecnologici e ambientali, rispetto agli effetti di fenomeni di *heatwave* e *pluvial flooding*.

In particolare, il metodo è rivolto ad un aspetto particolarmente cruciale nella gestione dei rischi climatici del patrimonio pubblico, individuando il sistema delle attrezzature di quartiere – edifici scolastici, edifici destinati a interesse comune, parcheggi, verde e sport definite dal DM 1444/68 – come ambito di applicazione rispetto al quale supportare i processi decisionali della PA nei contesti delle aree metropolitane meridionali con la previsione di efficaci interventi di adattamento.

Il metodo è reso trasferibile ai tecnici delle Pubbliche Amministrazioni grazie a una struttura basata su dati *open access*, su processi di calcolo semplificati e sull'elaborazione di opportune indicazioni per l'utilizzo e l'interpretazione dei risultati. Il progetto dimostratore – attraverso cui il metodo è stato testato e validato – è stato sperimentato nelle attrezzature di quartiere del Comune di Napoli[2].

Il sistema di spazi pubblici o ad uso pubblico diffuso sul territorio comunale si rivela potenzialmente strategico per il contributo alla riduzione della vulnerabilità climatica della città, anche rispetto alle strategie di pianificazione *climate resilient* in corso di elaborazione (Comune di Napoli, 2024). Tale ambito è stato individuato tenendo conto anche delle esigenze della PA coinvolta come partner nella ricerca[3], nonché di comuni e numerosi contesti urbani delle città meridionali, nell'ottica di replicabilità ed esportabilità degli strumenti operativi esito della ricerca.

Il contributo dell'Unità di Ricerca UNINA al progetto REACT si è articolato in 3 fasi: la fase 1 di conoscenza delle aree delle attrezzature e di valutazione della vulnerabilità a *heatwave* e *pluvial flooding* del sistema edificio-spazio aperto; la fase 2 di definizione di linee di indirizzo progettuale per attrezzature pubbliche *climate-oriented* e la fase 3 di sviluppo di un *tool* di supporto alle decisioni per la PA per la valutazione degli interventi progettuali finalizzati all'adattamento climatico rispetto agli impatti di *heatwave* e *pluvial flooding*.

climate adaptation measures, while introducing a framework based on structural and non-structural interventions, as well as a monitoring and evaluation system using impact indicators.

Managing complex climate risk processes in urban settlements requires public administrations to undertake preparedness actions for risk mitigation, and the implementation of tools that make the PNACC (2023) guidelines operational. These tools are essential for verifying, controlling, and comparing climate adaptation project scenarios (British Columbia, 2021; EEA, 2024).

In Mediterranean regions, key climate hazards, such as increased heatwaves, reduced precipitation, more intense and extreme rainfall, and droughts, are becoming more frequent (EEA, 2020; CMCC, 2024) and in response, it becomes a priority to act locally through feasible and replicable interventions.

However, translating international technical policy frameworks into concrete local-scale actions still faces institutional, legal, and administrative barriers, highlighting a persistent gap between the formulation of adaptation strategies and their actual implementation in urban settings.

Within this framework, the PRIN 2022 PNRR REACT research *project* "Regenerative Processes Enhancement to Address Decision Makers Towards Climate-Proof Transition of Southern Metropolitan Areas" *1 aims to support regenerative and climate transition* processes in southern metropolitan areas toward climate-resilient configurations. The project seeks to accompany adaptation strategies aimed at achieving carbon neutrality through demonstrative projects developed at different scales and on different thematic areas. The main objective of the research was to define a methodological and operational workflow for public administrations, through the development of open knowledge tools, to enable appropriate regenerative and climate-oriented actions, contributing methodologically to overcoming barriers and gaps in the climate transition of urban territories.

As part of this workflow, the UNINA Research Unit of the Department of Architecture, University of Naples Federico II, developed a method for evaluating the characteristics of the building–outdoor space system that influence climate vulnerability. This includes design guidelines for adaptation interventions and the development of a performance assessment tool using technological and environmental indices and indicators, particularly in relation to the impacts of heatwaves and pluvial flooding.

The method specifically addresses a critical aspect of public asset risk management by focusing on the system of neighborhood facilities – schools, community-use buildings, parking areas, green spaces, and sports infrastructure as defined by Ministerial Decree 1444/68 – as a target area where public administrations in southern metropolitan contexts can be supported in their decision-making processes regarding effective adaptation interventions.

The method is made transferable to public administration technicians through a structure based on open-access data, simplified calculation processes, and clear guidance for interpreting and applying the results.

The demonstrator project, used to test and validate the method, was implemented on neighborhood facilities in the municipality of Naples[2]. The

Il paper espone i risultati intermedi del caso dimostratore, propedeutici alla definizione degli indirizzi progettuali per l'adattamento climatico e di elaborazione del *tool*.

L'adattamento climatico nelle attrezzature di quartiere. Approccio metodologico

Nelle città il sistema delle attrezzature pubbliche è caratterizzato da una presenza diffusa sul territorio, una distribuzione omogenea alla scala distrettuale e un dimensionamento commisurato alla popolazione, definendo una rete di edifici e spazi aperti fortemente correlati e in grado di contribuire allo sviluppo di una strategia complessiva di adattamento climatico degli insediamenti urbani. Tali aree si caratterizzano per la disomogeneità dimensionale e la variabilità delle caratteristiche funzionali-spaziali, tecnologiche e ambientali, richiedendo lo sviluppo da un lato di un metodo finalizzato alla loro conoscenza e caratterizzazione e, dall'altro, di opportune modalità di intervento progettuale per l'adattamento climatico.

La prima fase della ricerca ha previsto lo sviluppo di un metodo per l'analisi delle caratteristiche che incidono sulla vulnerabilità all'*heatwave* e al *pluvial flooding* del sistema edificio-spazio aperto nelle attrezzature di quartiere.

È stata effettuata una prima ricognizione degli indici e indicatori adottati in Italia nei principali strumenti regolamentari a scala locale, funzionali a restituire le condizioni di vulnerabilità climatica in ambito urbano. La tabella 1 restituisce in forma sintetica il quadro degli indici e indicatori assunti dai principali Comuni, riportando lo strumento di adozione e, quando esplicitati, i valori minimi da rispettare (Tab. 1). Dalla ricognizione è emerso che le amministrazioni adottano prevalentemente indici quali il RIE (Indice di Riduzione dell'Impatto Edilizio) o il BAF (*Biotope Area Factor*) che, quando usati singolarmente, possono risultare inadeguati a restituire la risposta complessiva del sistema urbano agli impatti climatici. Tali indici sono inoltre introdotti in base alla zonizzazione, e non sempre, ad esclusione di alcuni casi avanzati quale quello di Bologna, sono messi in relazione allo specifico ambito di applicazione delle attrezzature pubbliche, mancando il più delle volte di soglie minime ad esse dedicate.

Questa fase ha previsto l'elaborazione di una caratterizzazione delle aree oggetto di studio, divise in attrezzature scolastiche, di interesse comune, parcheggi, verde e sport. Per ciascuna delle aree sono considerate le diverse caratteristiche funzionali-spaziali e tecnologico-ambientali (Losasso *et al.,* 2021), come la presenza o l'assenza di edifici, la percentuale di spazi aperti, la quota di superficie destinata a verde, i valori di albedo, di deflusso e la percentuale di superficie permeabile. Tali parametri, ricorrenti e consolidati nella letteratura scientifica relativa agli studi sulla vulnerabilità climatica in ambito urbano (Apreda *et al*., 2019; Van der Hoeven *et al*., 2014; Echevarría *Icaza et al*., 2016; Nardino *et al*., 2022; Salvati and Kolotroni, 2020; Weber *et al*., 2015), risultano efficaci nel trasferimento del metodo alla PA in quanto basati su dati *open source* e processi di calcolo semplificati.

Nell'ambito della caratterizzazione, per ogni parametro sono state sviluppate carte tematiche finalizzate a comprendere la loro incidenza sulla vulnerabilità delle attrezzature rispetto a *heatwave* e *pluvial flooding,* nonché a individuare le aree più critiche (*hotspot*) e prioritarie per gli interventi, sulle quali condurre la fase di testing progettuale.

system of public or publicly accessible spaces distributed throughout the municipal territory proves to be potentially strategic in reducing the city's climate vulnerability. This is particularly relevant considering ongoing climate-resilient urban planning strategies currently being developed (Municipality of Naples, 2024).

This application scope was also selected according to to the needs of the public administration involved as a project partner[3], as well as other municipalities and several urban contexts in southern Italian cities, with a view to ensuring the replicability and transferability of the operational tools developed by the research.

The contribution of the UNINA Research Unit to the REACT research project has been articulated in three phases: the knowledge phase (phase 1), involving assessment of facility areas and evaluation of building–open space system vulnerability to heatwaves and pluvial flooding; the design phase (phase 2), focused on defining climate-oriented guidelines for public facilities; the development phase (phase 3), consisting of a decision-support tool for public administrations to evaluate adaptation project interventions based on their performance in relation to heatwave and pluvial flooding impacts. The paper presents the intermediate results of the demonstrator case study, which lay the groundwork for defining design guidelines for climate adaptation and for developing the evaluation tool.

Climate Adaptation in Neighborhood Facilities: Methodological Approach

In cities, the system of public facilities is characterized by a widespread territorial presence, an homogeneous distribution at the district scale, and sizing proportionate to the population. This defines a network of buildings and outdoor spaces that are highly interconnected and capable of contributing to the development of an overall climate adaptation strategy for urban settlements. These areas are marked by significant dimensional heterogeneity and variability in functional-spatial, technological, and environmental characteristics. As such, their analysis requires, on one hand, the development of a method for their identification and classification, and on the other, the definition of appropriate climate adaptation design approaches.

The first phase of the research focused on developing a method for analyzing the characteristics of the building-outdoor space system within neighborhood facilities that influence vulnerability to heatwaves and pluvial flooding.

An initial survey was conducted to identify the indices and indicators currently used in Italy's main regulatory tools at the local scale to assess climate vulnerability in urban contexts. Table 1 provides a concise summary of the indices and indicators adopted by major municipalities, including the regulatory instrument and, where specified, the minimum thresholds to be met (Tab. 1).

This review revealed that administrations primarily adopt indices such as the RIE (*Building Impact Reduction Index*) or the BAF (*Biotope Area Factor*) and when used individually, these indicators may be insufficient to fully represent the urban system's overall response to climate impacts. Moreover, these indices are often introduced

Tab. 01| Quadro sintetico dei principali indici e indicatori ambientali adottati alla scala locale in Italia
Summary of the main environmental indices and indicators adopted at the local scale in Italy

Tab. 01 |

Municipality	Index/indicator	Regulation	Source	Minimum values / requirements
Bolzano	RIE	REd	All. 3, art.1 e seg.	**RIE = 4** for the municipal spatial and landscape plan (PCTP) zones with the following designations: A) Mixed residential zone C) Special purpose zone D) Urban requalification zone F) Zones designated for public works and facilities **RIE = 1.5** for: B) Productive zones E) Zones designated for mobility and road networks The PCTP zones with the designation referred to in letter F) "Zone for public facilities" must ensure the best possible project RIE in relation to their functional designation.
Bologna	RIE	REd	art. 28 – P4 "Regolazione dei cicli naturali"	**RIE = 4** for: Urban residential uses; Economic and administrative services, Accommodation and catering services; Recreational services; Social services of general interest; Rural uses **RIE = 1.5** for: Industrial and artisan uses; Commercial services and service crafts
	Albedo	REd	Art. 28 Requisiti prestazionali degli edifici per la compatibilità ambientale nel contesto urbano	**Maintenance Level:** **Base Level:** Overall albedo of intervention surfaces ≥40% **Improvement Level:** Overall albedo of intervention surfaces ≥50% **Excellent Level:** Overall albedo of intervention surfaces ≥60%
	BM- Indice di Benessere Microclimatico: PMV (opp. PET, PPD)	REd		**Maintenance Level:** BM (project) ≥ BM (Current State)
Modena	RIE	REd	All.1, art. 1.1	Unspecified minimum values
Ravenna	RIE	RUE	DT01 – Disciplina, art. 1.12.4 All.1, art.1-2	Unspecified minimum values
Reggio Emilia	RIE	REd	Art.2	For new construction (NC) and redevelopment (RE) interventions involving complete demolition and reconstruction regulated by the PUG (General Urban Plan).
Segrate	BAF	PGT	All. A – DdP	**BAF target as a minimum standard for the following existing residential areas:** 1. Areas with a Site Coverage Ratio up to 0.37: BAF target = 0.6 2. Areas with a Site Coverage Ratio between 0.38 and 0.49: BAF target = 0.45 (renovation) – 0.6 (new construction) 3. Areas with a Site Coverage Ratio of 0.5 and above: BAF target = 0.3 (renovation) – 0.6 (new construction) **For areas designated for economic activities:** BAF target = 0.2 to 0.4 (in accordance with the table indicated below). It may occur that the BAF needs to be applied to areas with mixed functions (e.g., residential/commercial). In these cases, for the purpose of BAF verification, it's appropriate to consider the entire lot as occupied by the predominant function.
Jesi Saronno	BAF BAF	REd REd	All.1	**BAF target as a minimum standard for the requalification existing areas** – residential, with Rc≤0.37, BAF=0.6; with 0.37≤Rc≤0.5, BAF=0.45; with Rc≥0.5, BAF=0.3 – tertiary and commercial activities, with Rc≤0.37, BAF=0.4; with 0.37≤Rc≤0.5, BAF=0.35; with Rc≥0.5, BAF=0.3 – management and high-tech activities, with Rc≤0.37, BAF=0.30; with 0.37≤Rc≤0.5, BAF=0.3; with Rc≥0.5, BAF=0.2 – manufacturing activities, with Rc≤0.37, BAF=0.3; with 0.37≤Rc≤0.5, BAF=0.30; with Rc≥0.5, BAF=0.2 – hospitality activities, with Rc≤0.37, BAF=0.6; with 0.37≤Rc≤0.5, BAF=0.45; with Rc≥0.5, BAF=0.3 – services, with Rc≤0.37, BAF=0.4; with 0.37≤Rc≤0.5, BAF=0.35; with Rc≥0.5, BAF=0.3 **BAF target as a minimum standard for new constructions** – residential, with Rc≤0.37, BAF=0.6; with 0.37≤Rc≤0.5, BAF=0.6; with Rc≥0.5, BAF=0.6 – tertiary and commercial activities, with Rc≤0.37, BAF=0.4; with 0.37≤Rc≤0.5, BAF=0.35; with Rc≥0.5, BAF=0.3 – management and high-tech activities, with Rc≤0.37, BAF=0.30; with 0.37≤Rc≤0.5, BAF=0.30; with Rc≥0.5, BAF=0.3 – manufacturing activities, with Rc≤0.37, BAF=0.3; with 0.37≤Rc≤0.5, BAF=0.3; with Rc≥0.5, BAF=0.2 – hospitality activities, with Rc≤0.37, BAF=0.6; with 0.37≤Rc≤0.5, BAF=0.6; with Rc≥0.5, BAF=0.6 – services, with Rc≤0.37, BAF=0.4; with 0.37≤Rc≤0.5, BAF=0.35; with Rc≥0.5, BAF=0.3

I risultati della prima fase sono propedeutici alla successiva definizione degli indirizzi progettuali per attrezzature di quartiere *climate-oriented* (fase 2), formulati in coerenza con le politiche europee per la *climate neutrality* e sulla base delle misure di adattamento climatico previste dal PNACC, mentre gli obiettivi progettuali sono stati articolati in strategie, azioni e categorie di intervento di *climate adaptation*.
La terza fase della ricerca ha previsto lo sviluppo di un *tool*, destinato ai progettisti e i tecnici della PA, per la verifica della rispondenza degli interventi agli obiettivi di adattamento climatico. Il tool è concepito come un foglio di calcolo semplificato, che misuri le prestazioni tecnologiche e ambientali dell'intervento rispetto a *heatwave* e *pluvial flooding*, in base alle scelte progettuali.
Gli esiti delle fasi possono trovare applicazione nell'aggiornamento degli strumenti regolamentari locali, nell'introduzione di misure di incentivo agli interventi di adattamento climatico nella realizzazione di attrezzature in regime di convenzione pubblico-privato e nello sviluppo di piani di adattamento climatico alla scala locale.

Progetto dimostratore per l'adattamento climatico. Il quartiere di Soccavo

I risultati intermedi della prima fase della ricerca riportano i dati di base per la caratterizzazione delle aree destinate ad attrezzature di quartiere nel distretto urbano di Soccavo nell'area occidentale di Napoli. Il quartiere è stato selezionato come caso applicativo per la sperimentazione in quanto potenzialmente interessato da diversi impatti derivanti da ondate di calore, precipitazioni estreme e fenomeni di ruscellamento. Le vulnerabilità sono generalmente riferibili alle caratteristiche insediative, tipomorfologiche, ambientali e geologiche, tra cui la configurazione del quartiere secondo una piana pedecollinare all'interno dell'omonimo cratere del sistema della caldera dei Campi Flegrei in cui è accentuato l'andamento delle linee di impluvio delle acque dalla collina verso la conca (Fig. 1).
Nella sperimentazione è stato utilizzato un approccio metodologico di tipo analitico nella fase di conoscenza degli aspetti ambientali, funzionali-spaziali e tecnologici delle aree delle attrezzature; nella fase di individuazione delle aree *hotspot* è stato attuato un approccio *data-based* a cui è stato affiancato un approccio sperimentale nei test progettuali sul caso applicativo.
Il processo sviluppato prevede la gestione integrata in ambiente GIS di informazioni interscalari, riferite a diverse componenti del sistema delle attrezzature (vegetazione, sistema dei tracciati ecc.) correlando i dati alla scala territoriale (dati satellitari come, ad esempio, NDVI o LAI *Index*) con informazioni di dettaglio (relative alle caratteristiche del sistema edificio-spazio aperto).
La sperimentazione è stata articolata come segue:

1. conoscenza delle aree negli aspetti ambientali, funzionali-spaziali e tecnologici che incidono sulla vulnerabilità rispetto a *heatwave* e *pluvial flooding*;
2. individuazione delle aree *hotspot*;
3. definizione di criteri in base ai quali individuare le aree da testare;
4. testing progettuali tramite l'applicazione di categorie di intervento per l'adattamento climatico su campioni significativi.

Nella fase di conoscenza, sono state elaborate carte tematiche relative alla presenza e/o assenza di edifici, alla percentuale di

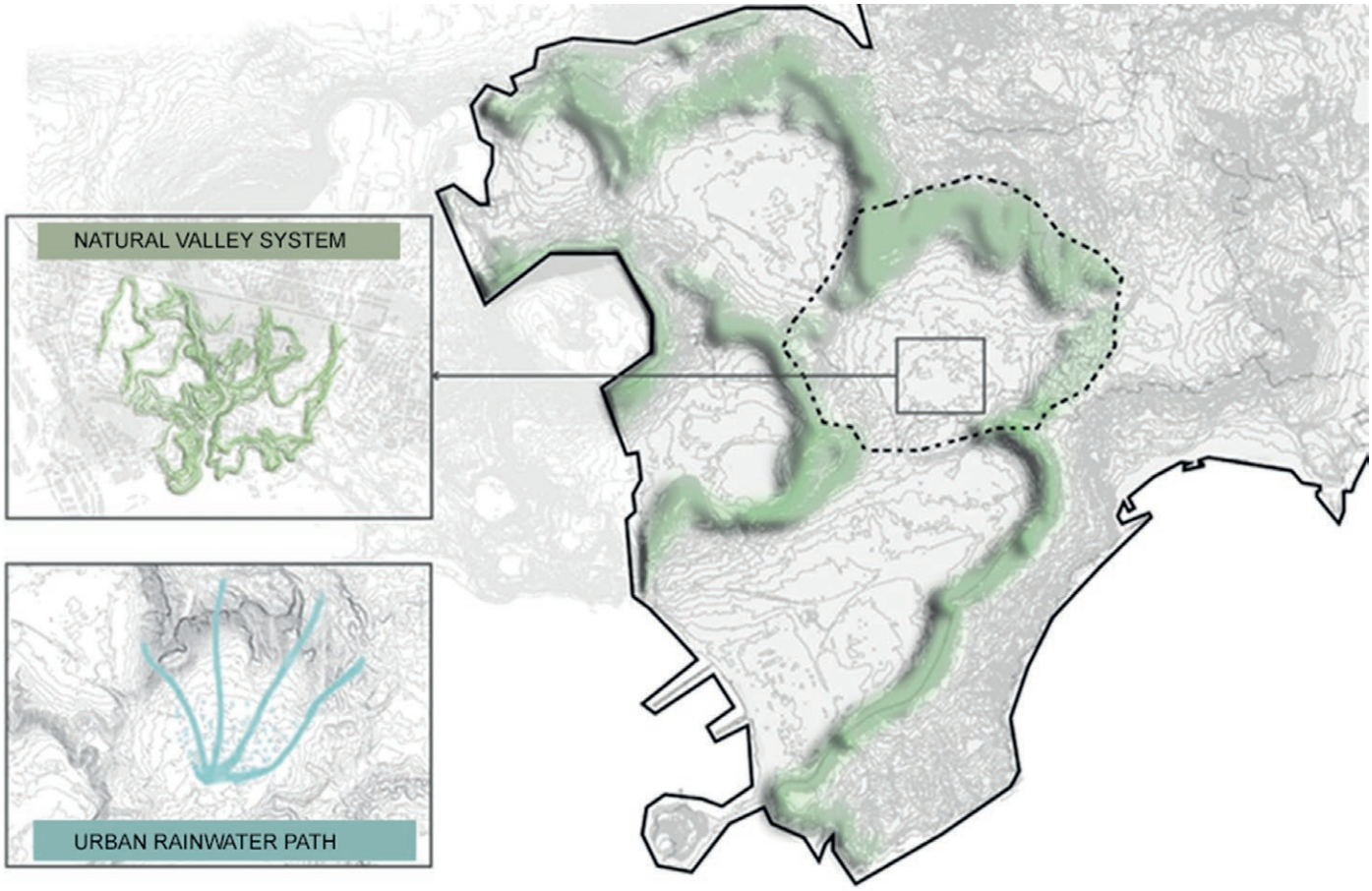
based on zoning criteria and, except in more advanced cases, such as that of Bologna, they are rarely linked specifically to the application context of public facilities. Minimum thresholds tailored to such contexts are frequently absent.
This phase also included a detailed characterization of the areas under study, categorized as school facilities, community-use buildings, parking areas, green spaces, and sports infrastructure. For each area, different functional-spatial, technological, and environmental characteristics were assessed (*Losasso et al.*, 2021), including: presence or absence of buildings, percentage of outdoor space, proportion of vegetated surface, albedo values, runoff coefficients, and percentage of permeable surface. These parameters, widely recognized and robust in the scientific literature on urban climate vulnerability (Apreda *et al.*, 2019; Van der Hoeven *et al.*, 2014; Echevarría Icaza *et al.*, 2016; Nardino *et al.*, 2022; Salvati and Kolokotroni, 2020; Weber *et al.*, 2015) prove effective for transferring the method to public administrations, as they rely on open-source data and simplified calculation processes.
As part of the characterization, thematic maps were developed for each parameter to assess their contribution to the vulnerability of facilities to heatwaves and pluvial flooding and also to identify the most critical and priority areas (hotspots) for intervention, which served as the focus for the design testing phase.
The results of this first phase laid the groundwork for the next development of design guidelines for climate-oriented neighborhood facilities (phase 2) that were formulated in accordance with European climate neutrality policies and based on the climate adaptation measures set out in the 2023 PNACC, while the adaptation objectives were structured into strategies, actions, and categories of intervention for climate adaptation.
The third phase of the research involved the development of a decision-support tool for designers and public administration technicians to evaluate the alignment of interventions with climate adaptation goals. The tool was conceived as a simplified spreadsheet that assesses the technological and environmental performance of interventions, based on design choices, in relation to heatwaves and pluvial flooding.
The outcomes of these phases can be applied in different ways: updating local regulatory instruments; introducing incentives for climate adaptation interventions in the development of facilities through public-private partnerships and supporting the development of local-scale climate adaptation plans.

Demonstrator Project for Climate Adaptation: The Soccavo District

The intermediate results of the first phase of the research provide baseline data for the characterization of areas designated of the neighborhood facilities in t Soccavo district, in west Naples. This district was selected as a pilot case for the experimentation due to its exposure to multiple climate-related impacts, including heatwaves, extreme precipitation, and surface runoff events.
The vulnerabilities of the area are generally linked to its settlement patterns, morphological and environmental characteristics, and geological conditions. In particular, the neighborhood is configured on a foothill plain within

01 | Sistema geomorfologico dell'area occidentale di Napoli, con evidenziato il quartiere di Soccavo, elaborazione di S. De Rogatis, D. Di Mauro
Geomorphological system of the western area of Naples, highlighting the Soccavo district. Processing by S. De Rogatis, D. Di Mauro

01 |



spazi aperti, alla densità del costruito, alla percentuale di superfici permeabili, alle condizioni del sistema del verde nelle aree delle attrezzature nei periodi di stress termico, ai valori medi di albedo e di deflusso superficiale, allo *Sky View Factor*. Tali carte sono finalizzate da un lato a caratterizzare le aree e a impostare opportuni indirizzi progettuali, dall'altro a individuare le aree *hotspot*, maggiormente critiche rispetto agli effetti delle ondate di calore e delle precipitazioni estreme.

A tal fine, i dati di input utilizzati sono stati l'analisi delle temperature nel periodo 2008-2024, il *LAI Index,* i valori di NDVI

the crater of the Campi Flegrei caldera system, where the slope of natural drainage lines from the hillside toward the basin is strongly marked (Fig. 1).

An analytical methodological approach was adopted for the assessment phase, focusing on the environmental, functional-spatial, and technological aspects of the facility areas; for the identification of hotspot areas, a data-based approach was used and paired with an experimental design approach applied to the pilot case.

The process developed involved the integrated management of multiscalar information in a GIS environment, referring to different elements of the facilities system (vegetation, infrastructures , etc.), correlating territorial-scale data (e.g., satellite data such as NDVI or LAI Index) with detailed information on the characteristics of the building–outdoor space system.

The experimentation was structured as follows:

1. Analysis of environmental, functional-spatial, and technological aspects of the areas that affects vulnerability to heatwaves and pluvial flooding;
2. Identification of hotspot areas;
3. Definition of criteria for selecting test areas;
4. Design testing through the application of climate adaptation intervention categories on representative samples.

In the analysis phase, thematic maps were developed for: the presence and/or absence of buildings, percentage of outdoor space, built density, percentage of permeable surfaces, vegetation system conditions during heat stress periods, average albedo and surface runoff values, and Sky View Factor. These maps were used both to characterize the areas and inform appropriate design guidelines, and to identify hotspot areas, those most critically affected by heatwaves and extreme rainfall events (Fig. 2).

To this end, the input data included the temperature analyses for the period 2008-2024; *LAI Index*; NDVI and Sky View Factor values recorded during heatwave events; the topographic DBT (Digital Terrain Model); and georeferenced data on neighborhood facilities in the city[4].

Hotspot areas were identified based on the percentage values of permeable surfaces, albedo, surface runoff, NDVI, LAI Index, and Sky View Factor. Areas were defined as hotspots when multiple indicators simultaneously showed high or medium-high levels of criticality (Fig. 3).

Test areas were selected based on the following criteria:

– Areas identified as hotspots;
– Areas that, based on their characterization, feature significant vegetation systems and where design proposals could aim to preserve existing greenery.

The design tests were carried out by hypothesizing two intervention scenarios ("basic" and "high intervention"), ranging from a minimal intervention, limited to the replacement of paving materials, to an intensive greening intervention using nature-based solutions. The intervention categories applied in each scenario are as follows:

– Basic intervention: permeable pavements with high albedo values and cool reflective roofs;
– High intervention: all elements of the basic intervention, adding green areas with tree planting and extensive green roofs.

A preliminary verification of the contribution to climate adaptation was

02 | A titolo esplicativo, si riportano alcune carte tematiche relative alla fase 1 della ricerca, dei valori di albedo, di coefficiente di deflusso superficiale e della condizione del sistema del verde nelle aree delle attrezzature nei periodi di stress termico, elaborati di V. De Santis e A. Cannavacciuolo

For illustrative purposes, some thematic maps from phase 1 of the research are shown, related to albedo values, surface runoff coefficient, and the condition of the vegetation system in facility areas during periods of heat stress. Graphics by V. De Santis and A. Cannavacciuolo

e di *Sky View Factor* registrati nei periodi di ondata di calore, il DBT Topografico e i dati georiferiti delle attrezzature di quartiere della città[4] (Fig. 2).

Le aree *hotspot* sono individuate sulla base dei valori di percentuale di superfici permeabili, albedo, deflusso superficiale, NDVI, LAI *Index* e *Sky View Factor*. Sono definite *hotspot* le aree delle attrezzature pubbliche dove i valori di tali indicatori corrispondono registrano contestualmente valori di criticità alta e medio-alta (Fig. 3).

Le aree test sono state selezionate in base ai seguenti criteri:

– aree *hotspot*;
– aree, individuate sulla base della caratterizzazione, che si distinguono per un significativo sistema del verde, nelle quali sviluppare proposte di intervento che preservino la vegetazione.

I test progettuali sono eseguiti ipotizzando due scenari di intervento ("*basic e high intervention*") che procedono da un intervento minimo, di sola sostituzione delle pavimentazioni, a un intervento di *greening* intenso tramite soluzioni *nature-based*. Di seguito, si riportano le categorie di intervento utilizzate nei singoli scenari:

– *Basic intervention:* pavimentazioni permeabili con valori alti di albedo e *cool reflective roofs*;
– *High intervention: basic intervention*, aree verdi con piantumazione delle alberature e tetti verdi estensivi.

La verifica preliminare del contributo all'adattamento climatico è stata eseguita attraverso il calcolo dei valori di albedo e deflusso superficiale *ex ante* ed *ex post* per ciascun scenario di intervento (Fig. 4). Tali indicatori sono scelti nella prospettiva di rendere trasferibile il metodo attraverso un sistema di verifica semplificato senza ricorrere a strumenti avanzati di simulazione microclimatica.

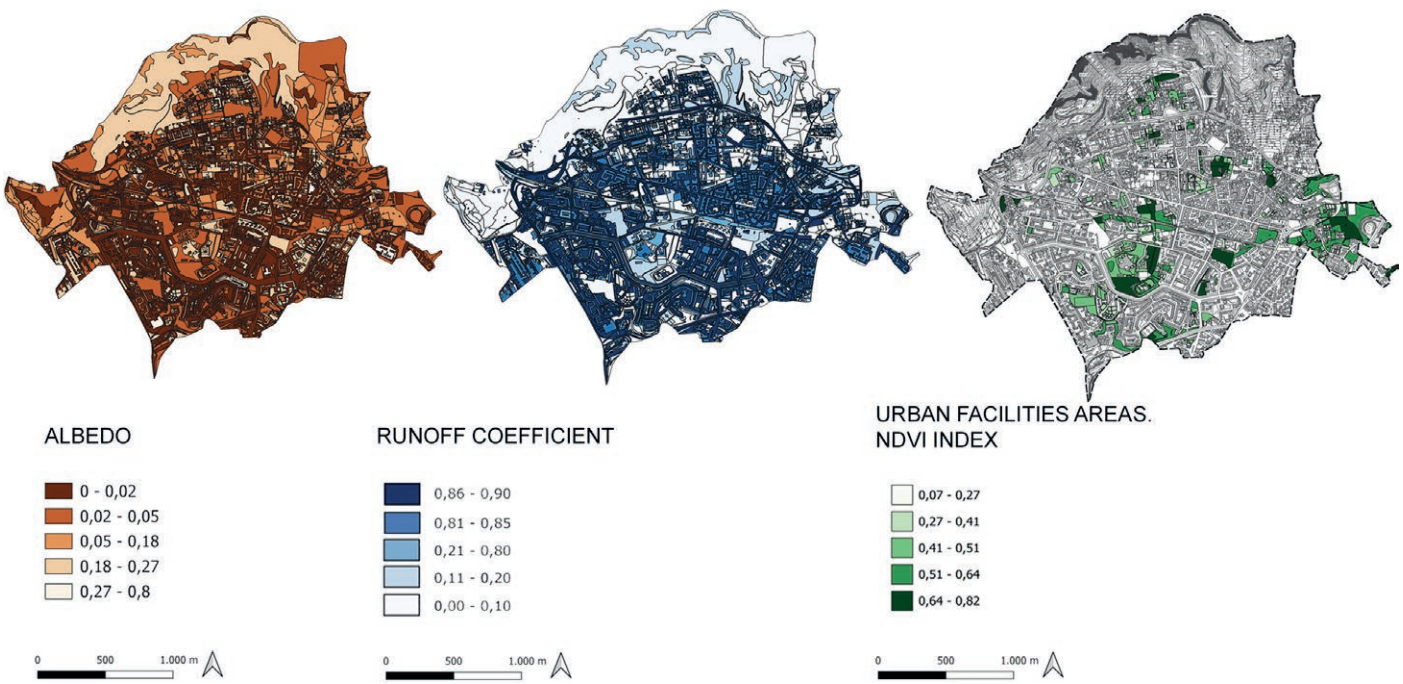
Dall'analisi dei risultati dei primi test progettuali, emerge che il set di categorie di intervento utilizzato per il primo scenario ("*basic intervention*") incidono maggiormente sull'albedo. Gli effetti sul coefficiente di deflusso, invece, emergono nello scenario "*high intervention*", ovvero con l'introduzione delle prime categorie di intervento finalizzate a un incremento del *greening* urbano.

Dal *know-why* al *know-what*. Ambiti di applicazione e ricadute del metodo

La proposta di strumenti di supporto alla transizione climatica degli insediamenti urbani presuppone il trasferimento di una conoscenza da una forma esperta (*know-what* e *know-why*) a forme basate sull'esperienza (*know-how* e *know-who*; Nonaka, 1994; Frondizi, 2020).

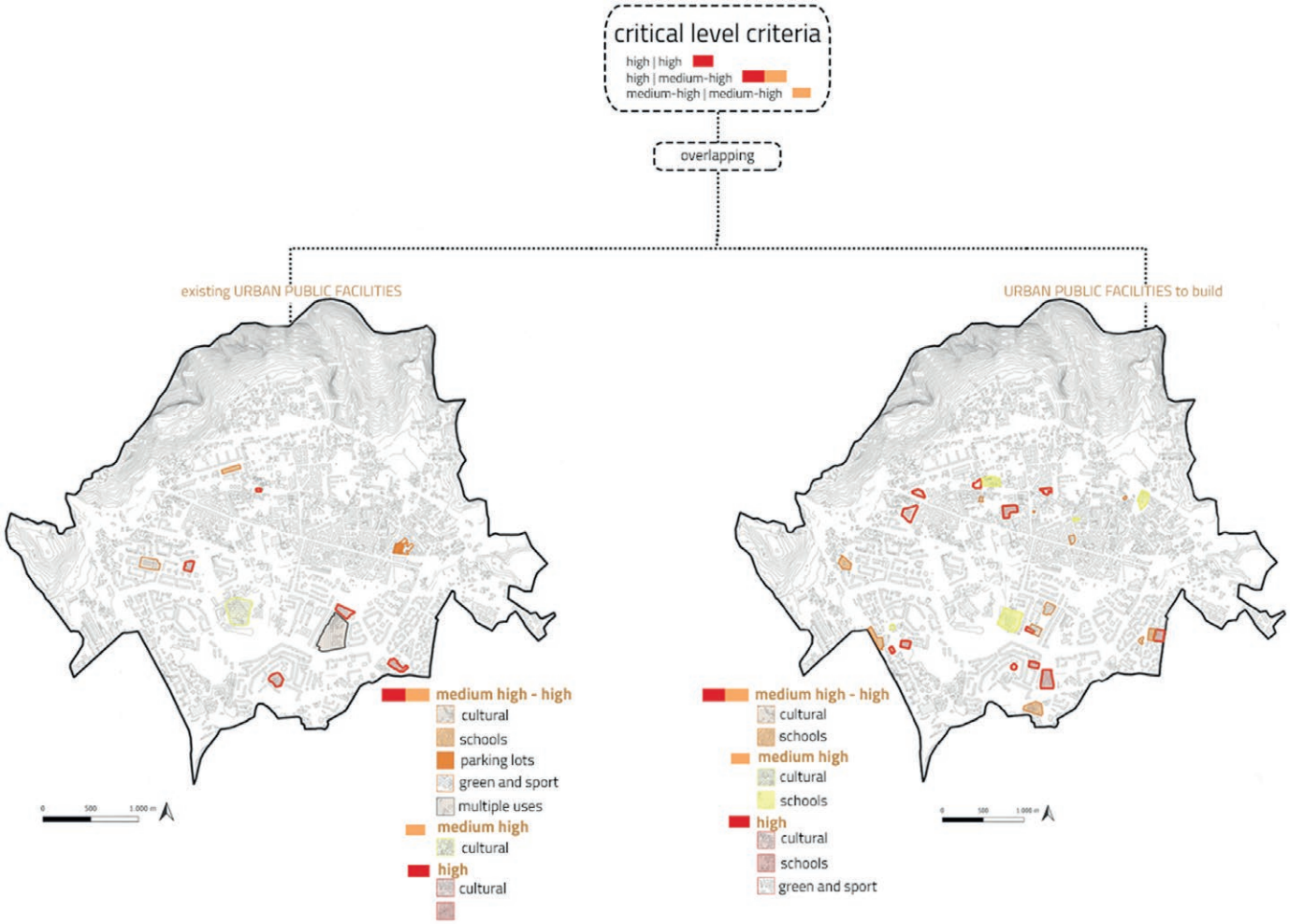
Il metodo, sviluppato attraverso la sperimentazione, rappresenta il mezzo di condivisione e di trasferimento di una conoscenza esplicita, codificata rispetto agli studi sugli effetti del cambiamento climatico in ambito urbano (*know-what*) e informata dai dati *(know-why*) agli operatori – tecnici della PA e progettisti – messi in condizione di applicare in autonomia, attraverso il tool, la fase di verifica di rispondenza degli interventi agli obiet-

| 02



03 | Carte di individuazione delle aree hotspot per le attrezzature pubbliche esistenti e da destinare, elaborati di V. De Santis e A. Cannavacciuolo
Maps identifying hotspot areas for existing and planned public facilities. Graphics by V. De Santis and A. Cannavacciuolo.

03 |



performed by calculating albedo and surface runoff values pre- and post-intervention for each scenario. These indicators were selected to ensure that the method could be easily transferred and applied using a simplified verification system, without advanced microclimatic simulation tools (Fig. 4).
The analysis of the initial design test results indicates that the "basic intervention" scenario has a greater impact on albedo values, while improvements in the runoff coefficient become evident only in the "high intervention" scenario, where the introduction of green infrastructure elements contributes significantly to urban greening.

From Know-Why to Know-What. Application Domains and Impacts of the Method

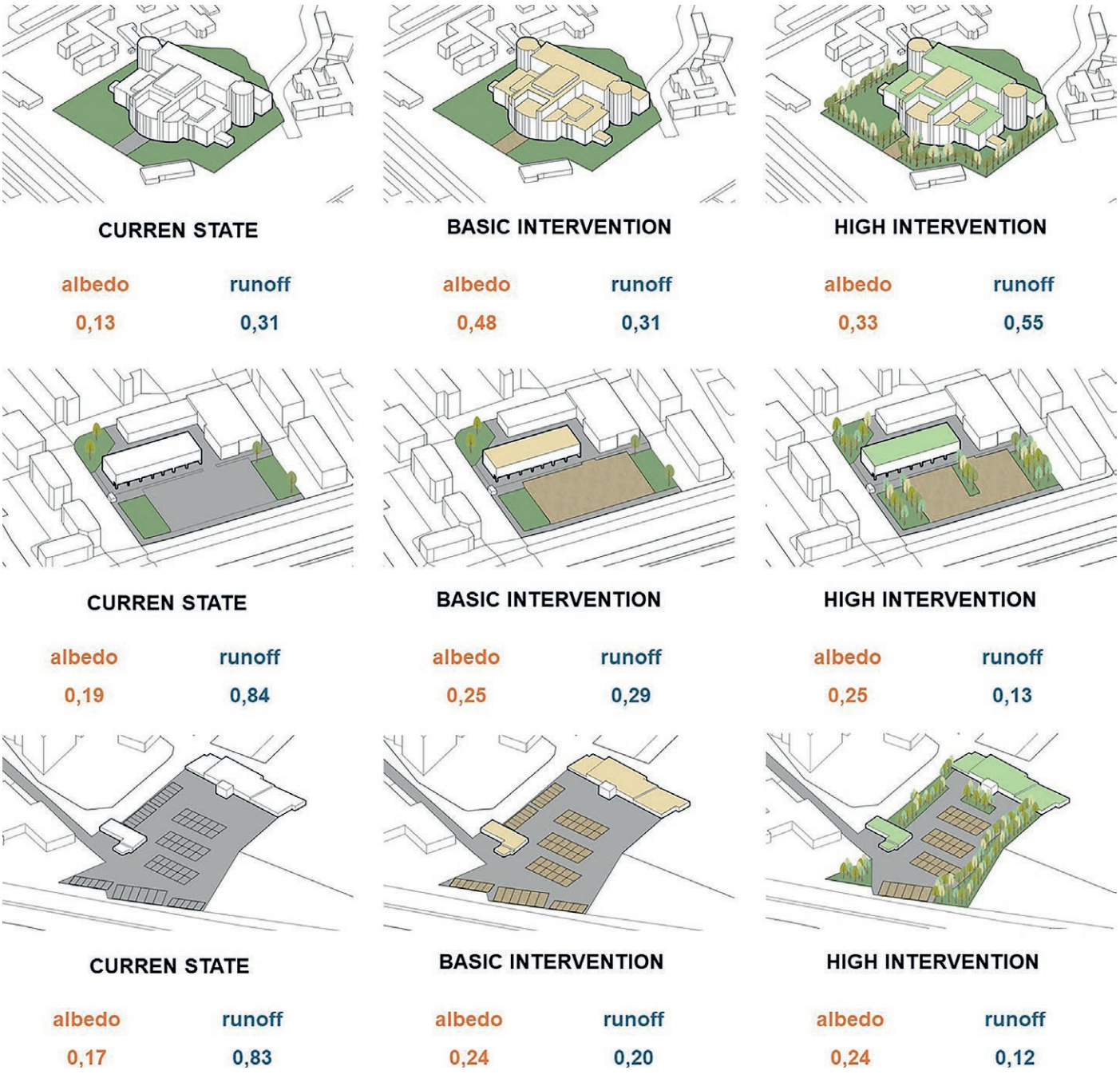
The proposal of support tools for the climate transition of urban settlements requires the transfer of knowledge from expert forms (know-what and know-why) to forms based on experience (know-how and know-who) (Nonaka, 1994; Frondizi, 2020).
The method developed through the experimentation serves as a medium for sharing and transferring explicit knowledge, codified in relation to studies on the effects of climate change in urban contexts (know-what) and informed by data (know-why) to practitioners such as public administration technicians and designers. These users are empowered to autonomously apply the verification phase of the tool, assessing whether interventions meet climate adaptation objectives, even without specialized expertise (know-who), and in varied contexts (know-how).
This method fits within the framework of tools aimed at overcoming the existing gap between the climate adaptation measures outlined in the PNACC (2023) and local planning instruments. It becomes operational during the period while local plans are still being developed, a necessity driven by the urgency to move from strategy to implementation.
The method's applicability to neighborhood facility projects responds to the need to transfer knowledge, make it operative through a verification tool, and provide a support system for evaluating environmental-oriented design proposals.
The method allows for managing the complexity of the public facility system, characterized by wide variability in scale, function, and technological features, by identifying priority areas for intervention (hotspots) and assessing the effectiveness of proposed actions.
Within the context of experimentation, the method may be incorporated into the process of updating regulatory frameworks, specifically the planning discipline of neighborhood facilities, which have over time been revised to reflect the evolving needs of a changing population, including demographic shifts in age groups, family structures, and increasing cultural diversity (*why*).
Thanks to the experimentation conducted in the city of Naples, certain local specificities, collected through the dialogue with technical staff from the public administration[3] – were integrated into the tool's development, making it both context-specific and replicable in its invariant aspects across other urban settings.
The main limitation identified in the experimentation phase concerns the limited number of design tests, which need to be expanded.

04 | A titolo esemplificativo, si riportano alcuni test progettuali con i relativi scenari di intervento e valori di albedo e deflusso superficiale *ex ante* ed *ex post*, elaborati di V. De Santis e A. Cannavacciuolo

As an example, some design tests are presented with their corresponding intervention scenarios and pre- and post-intervention values of albedo and surface runoff. Graphics by V. De Santis and A. Cannavacciuolo

tivi di adattamento climatico, sulla base di una conoscenza non esperta (*know-who*) e in contesti diversi (*know-how*).
Il metodo si inserisce nel quadro degli strumenti di supporto al superamento dei gap presenti tra le misure di adattamento climatico del PNACC (2023) e gli strumenti di pianificazione locale, trovando un'operatività durante i tempi di elaborazione di questi ultimi, resa necessaria dall'urgenza di passare dalla strategia all'applicazione.
L'applicabilità del metodo ai progetti delle attrezzature di quartiere risponde alla necessità di trasferire una conoscenza, renderla operabile con un *tool* di verifica, e fornire uno strumento per l'istruttoria del progetto *environmental-oriented*.

| 04



Il metodo permette di affrontare la complessità del sistema delle attrezzature pubbliche, caratterizzata da una grande variabilità dimensionale, funzionale-spaziale e delle caratteristiche tecnologiche, di individuare le aree in cui agire prioritariamente (*hotspot*) e verificare il grado di efficacia degli interventi.
Nel contesto della sperimentazione, il metodo può trovare collocazione nell'ambito del processo di aggiornamento di un dispositivo regolativo – la disciplina delle attrezzature di quartiere – nel tempo sottoposto a revisioni e attualizzazioni in ragione di rinnovati fabbisogni ed esigenze di una popolazione in continuo cambiamento demografico rispetto alle fasce di età, alle nuove composizioni familiari e multietniche (*why*). Grazie alla sperimentazione condotta sul caso di Napoli, sono recepite alcune specificità locali – raccolte anche grazie alle numerose interlocuzioni condotte con funzionari tecnici della PA[3] – rese funzionali allo sviluppo di un *tool* appropriato al contesto della sperimentazione ma replicabile, nei suoi aspetti invarianti, in altri contesti.
I limiti riscontrati nella sperimentazione consistono nel numero di test progettuali che richiede di essere implementato.
La ricaduta culturale risiede nel sensibilizzare i progettisti e promuovere un approccio *climate-oriented* al progetto, rendendo tangibili le ricadute ambientali degli interventi. L'introduzione di prestazioni ambientali attraverso azioni progettuali *ecosystem-based,* quali l'uso del *greening*, di *cool materials* e delle azioni di *de-paving*, supporta culturalmente un approccio al tema del progetto delle attrezzature di quartiere, da tempo adottato dalla PA di Napoli, che guarda ai servizi in termini non solo funzionali ma qualitativi, riconoscendo la centralità del ruolo ambientale e sociale delle attrezzature pubbliche.
Da un punto di vista ambientale, il metodo proposto incentiva l'adozione di azioni *di climate adaptation design* nel progetto, attraverso l'applicazione di strategie e soluzioni tecniche per la gestione sostenibile delle acque meteoriche, di *cool reflective roofs*, di azioni di de-impermeabilizzazione, di tetti verdi e del *greening* dall'efficacia misurabile, con potenziali ricadute significative sulla riduzione della vulnerabilità climatica alla scala distrettuale.

RICONOSCIMENTI E ATTRIBUZIONI

Il contributo è stato finanziato nell'ambito del progetto di ricerca PRIN PNRR REACT "Regenerative Processes Enhancement to Address Decision Makers Towards Climate-Proof Transition of Southern Metropolitan Areas". Il contributo è esito di una comune riflessione degli Autori. Tuttavia, è possibile attribuire il paragrafo "Inquadramento tematico" a Federica Dell'Acqua e a Federica Paragliola, il paragrafo "L'adattamento climatico nelle attrezzature di quartiere. Approccio metodologico" a Federica Dell'Acqua e Sara Verde, il paragrafo "Progetto dimostratore per l'adattamento climatico. Il quartiere di Soccavo" a Sara Verde e il paragrafo "Dal *know-why* al *know-what*. Ambiti di applicazione e ricadute del metodo" a Federica Dell'Acqua.

NOTE

[1] Le Unità di Ricerca "REACT" sono UNINA – Università di Napoli Federico II; UNIRC- Università degli Studi Mediterranea di Reggio Calabria; UNIPA – Università degli Studi di Palermo.

[2] Cfr. il Documento Strategico "Verso il nuovo Piano Urbanistico della Città di Napoli. Per una Città Giusta, Sostenibile e Attrattiva" contenente gli indirizzi strategici sulle misure di adattamento e mitigazione climatica che la PA intende introdurre nella trasformazione della città, dando contenuto e coerenza anche alla "Variante Normativa al Piano Regolatore Generale"

From a cultural perspective, the project fosters awareness among designers and promotes a climate-oriented approach to urban design by making the environmental impacts of interventions more tangible. The introduction of environmental performance indicators – enabled by ecosystem-based design actions, such as greening, the use of cool materials, and de-paving actions – supports a cultural shift in the design of neighborhood facilities. This approach, long embraced by the Naples public administration, views public services not only in functional terms, but also in terms of quality and resilience, recognizing the environmental and social key role of public infrastructure.
From an environmental perspective, the method encourages the adoption of climate adaptation actions in design, through the application of strategies and technical solutions an for the sustainable watermanagement , the use of cool reflective roofs, de-paving interventions, green roofs, and urban greening measures with measurable effectiveness. These interventions can have a significant impact on reducing climate vulnerability at the district scale.

ACKNOWLEDGMENTS AND ATTRIBUTIONS

The contribution was funded within the framework of the research project PRIN PNRR REACT "Regenerative Processes Enhancement to Address Decision Makers Towards Climate-Proof Transition of Southern Metropolitan Areas". The contribution is the result of a common reflection of the authors. However, it is possible to attribute the paragraph "Thematic framework" to Federica Dell'Acqua and Federica Paragliola, the paragraph "Climate Adaptation in Neighborhood Facilities: Methodological Approach" to Federica Dell'Acqua and Sara Verde, the paragraph "Demonstrator Project for Climate Adaptation: The Soccavo District" to Sara Verde and the paragraph "From Know-Why to Know-What. Application Domains and Impacts of the Method" to Federica Dell'Acqua.

NOTES

[1] The REACT Research Units include: UNINA – University of Naples Federico II; UNIRC – Mediterranean University of Reggio Calabria; UNIPA – University of Palermo.

[2] See the Strategic Document "*Verso il nuovo Piano Urbanistico della Città di Napoli. Per una Città Giusta, Sostenibile e Attrattiva*", which outlines the strategic guidelines for climate adaptation and mitigation measures that the public administration intends to implement in the city's transformation. These guidelines also inform and align with the current "Variante Normativa al Piano Regolatore Generale", which, in the short term, will accompany the revision of the preliminary draft of the Municipal Urban Plan.

[3] Implementation Agreement *"Study of the functional-spatial and technological-environmental aspects of climate adaptation interventions for open spaces in areas designated for public facilities in the Municipality of Naples"*, signed between the Municipality of Naples – Urban Planning Division and the Department of Architecture of the University of Naples Federico II, as part of the PRIN PNRR "REACT" research project.

[4] See Municipality of Naples, *Variante generale al PRG – Piano Regolatore Generale (2004)*, Tav. 8 "*Specificazioni*".

vigente. Quest'ultima, nel breve periodo, accompagnerà la revisione del preliminare di Piano Urbanistico Comunale.

[3] Convenzione Attuativa "Studi degli aspetti funzionali-spaziali e tecnologico-ambientali di interventi di adattamento climatico degli spazi aperti delle aree destinate ad attrezzature del Comune di Napoli", stipulata tra il Comune di Napoli – Area Urbanistica e il Dipartimento di Architettura dell'Università di Napoli Federico II, siglata nell'ambito della Ricerca PRIN PNRR "REACT".

[4] cfr. Comune di Napoli, Variante generale al PRG – Piano Regolatore Generale (2004), Tav. 8 "Specificazioni".

REFERENCES

Apreda, C., D'Ambrosio, V. and Di Martino, F. (2019), "A climate vulnerability and impact assessment model for complex urban systems", *Environmental Science & Policy,* Vol. 93, pp. 11-26. Available at: https://doi.org/10.1016/j.envsci.2018.12.016 (accessed 12 February 2025).

British Columbia (2021), *Climate Preparedness and Adaptation Strategy. Draft Strategy and Phase 1 Actions for 2021-2022.* Available at: https://www2.gov.bc.ca/assets/gov/environment/climate-change/adaptation/cpas_2021.pdf (accessed 01 June 2025).

CMCC – Centro Euro-Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici (n.d.), *Scenari climatici per l'Italia.* Available at: cmcc.it/it/scenari-climatici-per-litalia#rcp (accessed 12 February 2025).

COM (2021), *Forging a climate-resilient Europe – the new EU Strategy on Adaptation to Climate Change*, 82 final.

Comune di Napoli (2024), *Verso il nuovo Piano Urbanistico della Città di Napoli – Per una Città Giusta, Sostenibile e Attrattiva.* Available at: comune.napoli.it/versoilpuc (accessed 12 February 2025).

Echevarría Icaza, L., Van den Dobbelsteen, A. And Van der Hoeven, F. (2016). Integrating Urban Heat Assessment in Urban Plans. Sustainability, Vol. 8, n. 4, p. 320. Available at: https://doi.org/10.3390/su8040320.

EEA – European Environmental Agency (2020), *Urban adaptation in Europe – How cities and towns respond to climate change.* Available at: eea.europa.eu/publications/urban-adaptation-in-europe (accessed 12 February 2025).

EEA – European Environmental Agency (2024), *European Climate Risk Assessment – EEA Report 01/2024.* Available at: https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/european-climate-risk-assessment (accessed 01 June 2025).

Forster, P.M., Smith, C. *et al.* (2025), "Indicators of Global Climate Change 2024: annual update of key indicators of the state of the climate system and human influence", *Earth System Science Data,* Vol.17, pp. 2641-2680. Available at: https://doi.org/10.5194/essd-17-2641-2025 (accessed 01 June 2025).

Frondizi, R. (2020), *La Terza Missione delle Università. Strategia, Valutazione e Performance*, Giappichelli Editore, Torino.

Losasso, M., Giugni, M., D'Ambrosio, V. *et al.* (2021), "1. Progettazione multiscalare per la resilienza dei Distretti urbani. Eco-distretti e soluzioni climate-proof per l'area occidentale di Napoli. Il caso applicativo di Soccavo/ Multi-scale Design for the Resilience of Urban Districts. Eco-districts and Climate-proof Solutions for the Western Area of Naples. The Application Case of Soccavo", in Bologna, R., Losasso, M., Mussinelli, E. and Tucci, F. (Eds), *Dai distretti urbani agli eco-distretti. Metodologie di conoscenza, programmi strategici, progetti pilota per l'adattamento climatico/ From Urban Districts to Eco-districts. Knowledge Methodologies, Strategic Programmes, Pilot Projects for Climate Adaptation,* Maggioli, Santarcangelo di Romagna, pp. 78-121.

MASE – Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica (2022), *PTE – Piano Nazionale di Transizione Ecologic*a. Available at: https://www.mase.gov.it/sites/default/files/archivio/allegati/PTE/PTE-definitivo.pdf (accessed 05 March 2025).

MASE – Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica (2023a), *Piano Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici*. Available at: https://mase.gov.it/pagina/piano-nazionale-di-adattamento-ai-cambiamenti-climatici-pnacc (accessed 05 March 2025).

MASE – Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica (2023b), *PNIEC – Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima*. Available at: https://www.mase.gov.it/sites/default/files/PNIEC_2023.pdf (accessed 05 March 2025).

Nardino, M., Cremonini, L., Crisci, A., Georgiadis, T., Guerri, G., Morabito, M., and Fiorillo, E. (2022). Mapping daytime thermal patterns of Bologna municipality (Italy) during a heatwave: A new methodology for cities adaptation to global climate change. *Urban Climate*, Vol. *46*, p. 101317.

Nonaka, I. (1994), "A dynamic theory of organizational knowledge creation", *Organization Science*, vol. 5, pp. 14-37. Available at: https://doi.org/10.1093/fampra/cmw098 (accessed 05 March 2025).

Salvati, A. and Kolokotroni, M. (2020), *Impact of urban albedo on microclimate and thermal comfort over a heat wave event in London*. Available at: https://bura.brunel.ac.uk/handle/2438/22214.

UNEP – United Nations Environment Programme (2024), *Come hell and high water. As fires and floods hit the poor hardest, it is time for the world to step up adaptation actions. Adaptation Gap Report 2024*. Available at: https://www.unep.org/resources/adaptation-gap-report-2024 (accessed 05 March 2025).

Van der Hoeven, F. and Wandl, A. (2014), "Amsterwarm: Mapping the landuse, health and energy-efficiency implications of the Amsterdam urban heat island", *Building Services Engineering Research and Technology*, Vol. 36, n. 1, pp. 67-88. Available at: https://doi.org/10.1177/0143624414541451.

Università ed enti territoriali in processi decisionali per comunità accessibili. Il caso di Udine

Christina Conti[1], https://orcid.org/0000-0001-5001-9891 christina.conti@uniud.it
Alberto Cervesato[2], https://orcid.org/0000-0001-7322-832X alberto.cervesato@uniud.it
[1] Dipartimento di Scienze Matematiche Informatiche e Fisiche, Università degli Studi di Udine, Italia
[2] Dipartimento Politecnico di Ingegneria e Architettura, Università degli Studi di Udine, Italia

Abstract. L'insieme di attività intraprese nell'ambito dell'accessibilità ambientale e dell'inclusione, basate sulle competenze del gruppo di ricerca del Laboratorio Dalt, sono esemplificative del potenziale di una condivisione strutturata di conoscenze tra enti e istituti pubblici per la valorizzazione sociale del patrimonio architettonico. Tra i diversi processi di Terza Missione sviluppati presso l'Università degli Studi di Udine, il saggio descrive i processi svolti per lo sviluppo di attività di progettazione universale, di divulgazione culturale e di supporto tecnico per la messa a punto di strumenti finalizzati all'attuazione della legge FVG – L.R. 10/2018, Principi generali e disposizioni attuative in materia di accessibilità. In particolare, viene affrontato un caso di studio, ritenuto emblematico, che vede coinvolto il Comune di Udine per il progetto di redazione del Piano di eliminazione delle barriere architettoniche.

Parole chiave: Accessibilità ambientale; Inclusione; Cooperazione; Trasferimento di conoscenze; Trasformazione del costruito.

L'accessibilità ambientale oltre l'abbattimento delle barriere architettoniche

L'ambito attuale dell'accessibilità ambientale è il risultato di rilevanti mutamenti dei modelli culturali sociali, economici e politici e dei progressi funzionali inerenti agli strumenti, alle tecniche, alle strategie e alle normative a disposizione della scienza e del mercato. L'approccio, condiviso da tutte le istituzioni, si basa sul riconoscimento del potenziale dell'accessibilità per l'adozione di strategie mirate a creare condizioni di benessere ambientale per tutti. Questo fondamento è identificato negli indirizzi internazionali della Convenzione ONU sui diritti delle persone con disabilità (UN, 2006) e della Classificazione internazionale del funzionamento ICF (WHO, 2001), recepiti in Italia con la Legge 18/2009 (Repubblica Italiana, 2009). La Convenzione ONU, con il supporto dell'ICF ha introdotto un approccio psico-biomedico e sociale alla definizione delle disabilità introducendo un punto di vista globale indirizzato a garantire la piena inclusione delle persone con disabilità all'interno della società. Secondo il primo articolo della Convenzione ONU, la persona con disabilità è un individuo che «presenta menomazioni fisiche, mentali, intellettive o sensoriali permanenti o temporanee di lunga durata, che in interazione con varie barriere, possono ostacolare la piena ed effettiva partecipazione alla società su base di uguaglianza con gli altri» (UN, 2006); la disabilità è, quindi, una condizione propria dell'individuo tenute conto però anche le interazioni con quelle componenti che possono essere ostative al diritto di una piena inclusione all'interno della società. In particolare, in Italia la Convenzione ONU ha permesso di superare la legge quadro n. 104 del 1992 per l'assistenza, l'integrazione sociale e i diritti delle persone handicappate definite come coloro che presentano «una minorazione fisica, psichica o sensoriale, stabilizzata o progressiva, che è causa di difficoltà di apprendimento, di relazione o di integrazione lavorativa e tale da determinare un processo di svantaggio sociale o di emarginazione» (Legge quadro n. 104 del 1992). L'aver esteso la definizione di disabilità alla possibile interazione con elementi del contesto determina la centralità dell'accessibilità ai beni, agli spazi e ai servizi in tutte le discipline dedicate alla persona, dalla cura alla formazione, dalla cultura allo sport, dalla vita quotidiana al turismo. Su queste premesse l'accessibilità ambientale è la risposta funzionale che una architettura deve saper dare per soddisfare i diversi bisogni degli utenti, eliminando criticità fisiche, percetti-

Universities and local authorities in decision-making processes for accessible communities. The case of Udine

Abstract. The set of activities undertaken in the field of environmental accessibility and inclusion, based on the skills of the Dalt Laboratory research group, provide an example of the potential of structured sharing of knowledge between public bodies and institutes for the social enhancement of the architectural heritage. Among the various Third Mission processes developed at the University of Udine, the essay describes the processes carried out for the development of universal design activities, cultural dissemination and technical support to create tools aimed at implementing the FVG law – Regional Law 10/2018, General principles and implementing provisions on accessibility. In particular, a case study, considered emblematic, is addressed, which involves the Municipality of Udine for drafting the Plan for the elimination of architectural barriers.

Keywords: Environmental accessibility; Inclusion; Cooperation; Knowledge transfer; Transformation of the built environment.

Environmental accessibility beyond the removal of architectural barriers

The current scope of environmental accessibility is the result of significant changes in cultural, social, economic and political models, and of the functional progress inherent in the tools, techniques, strategies and regulations available to science and the market. The approach, shared by all institutions, is based acknowledging the accessibility potential for the adoption of strategies aimed at creating conditions of environmental well-being for all. This foundation is identified in the international guidelines of the UN Convention on the Rights of Persons with Disabilities (UN, 2006), and of the International Classification of Functioning ICF (WHO, 2001), implemented in Italy with Law 18/2009 (Italian Republic, 2009). The UN Convention, with the support of the ICF, has introduced a psycho-biomedical and social approach to the definition of disabilities by introducing a global point of view aimed at ensuring the full inclusion of people with disabilities within society. According to the first article of the UN Convention, the person with disabilities is an individual who «has permanent or temporary long-term physical, mental, intellectual or sensory impairments, which in interaction with various barriers, may hinder the full and effective participation in society on an equal basis with others» (UN, 2006). Disability is, therefore, a specific condition of the individual, but it is also necessary to take into account interactions with components that may be an obstacle to the right to

ISSN online: 2239-0243 | © 2025 Author(s) | http://www.fupress.com/techne | DOI: 10.36253/techne-17391
Open access, peer-reviewed article published by Firenze University Press (https://www.fupress.com) and distributed, except where otherwise noted, under the terms of the CC BY 4.0 License for content and CC0 1.0 Universal for metadata

ve, sensoriali e cognitive d'ostacolo alla vita autonoma e indipendente delle persone.
La normativa nazionale[1] di riferimento è superata e manca ancora la piena consapevolezza dei progettisti; diversamente risulta adeguata la normativa internazionale (ISO 21542:2021; UNI EN 17161:2019; EN 17210:2011) che identifica l'accessibilità come un requisito misurabile nel modo in cui i prodotti, i sistemi, i servizi, gli ambienti e le strutture possono essere utilizzati per raggiungere determinati obiettivi in determinati contesti di utilizzo da persone appartenenti a una popolazione con la più ampia gamma di esigenze, caratteristiche e capacità.
Il recente cambio di paradigma, che considera l'accessibilità una questione sociale di progetto per la creazione di habitat sicuri e confortevoli per tutti, supera l'obsoleto modus operandi standardizzato di abbattimento degli ostacoli e richiama tutti i cittadini a un ruolo attivo (Conti, 2024). Nello specifico della realizzazione delle condizioni ambientali adatte, ciò significa che è necessario superare l'approccio a un progetto di mero superamento/abbattimento delle barriere architettoniche (fisiche, sensoriali e cognitive), per adottare strategie generali e unitarie mirate a creare le condizioni tecniche, funzionali e prestazionali nel suo complesso.

Il trasferimento delle conoscenze della Tecnologia dell'Architettura agli enti territoriali del Friuli Venezia Giulia a supporto di processi decisionali e valutativi

Nell'ambito proprio dell'accessibilità ambientale presso l'Università degli Studi di Udine è istituito il laboratorio dalt[2] le cui attività di ricerca sono indirizzate allo studio dei materiali, delle tecniche e delle tecnologie per una corretta interazione persona/ambiente con l'obiettivo di supportare i processi di progettazione universale di beni, spazi e servizi.
Le attività sviluppate dal gruppo di lavoro (Fig. 1) sono finalizzate alla condivisione delle conoscenze con il territorio per il soddisfacimento di bisogni sociali attraverso il supporto a processi progettuali, decisionali e valutativi di istituti pubblici. Si tratta di esperienze di trasferimento tecnologico che si collocano nel campo d'azione sociale per la valorizzazione del patrimonio edilizio esistente (Greco, 2012; Boniotti and Cerisola, 2022) con conseguente produzione di "beni pubblici di natura sociale, educativa e politiche per l'inclusione" (ANVUR, 2024).
L'accessibilità ambientale è un ambito proprio della progettazione tecnologica che si realizza in processi interdisciplinari dell'architettura, trans-disciplinari e multi-professionali con il coinvolgimento delle scienze sociali e politiche, economiche, giuridiche, mediche e del welfare, della natura e dell'ambiente. La ricerca è orientata al dialogo e alla co-produzione di progetti in rete con la comunità scientifica e con il territorio; la conseguenza è l'innesco di processi di trasferimento delle competenze tra i diversi soggetti coinvolti con l'acquisizione delle capacità essenziali per un corretto orientamento nel campo dell'inclusione. Il beneficio riguarda anche l'ambito della formazione universitaria che può esperire i temi dell'accessibilità su casi di studio concreti attingendo dalla prassi per restituire sperimentazioni innovative.
Fin dall'istituzione del Corso di Studi in Architettura, nel 2002, l'Ateneo ha posto particolare riguardo alla ricerca nell'ambito della progettazione tecnologica per la realizzazione di architetture accessibili, incentivando la collaborazione con la Consulta Regionale delle Associazioni delle persone

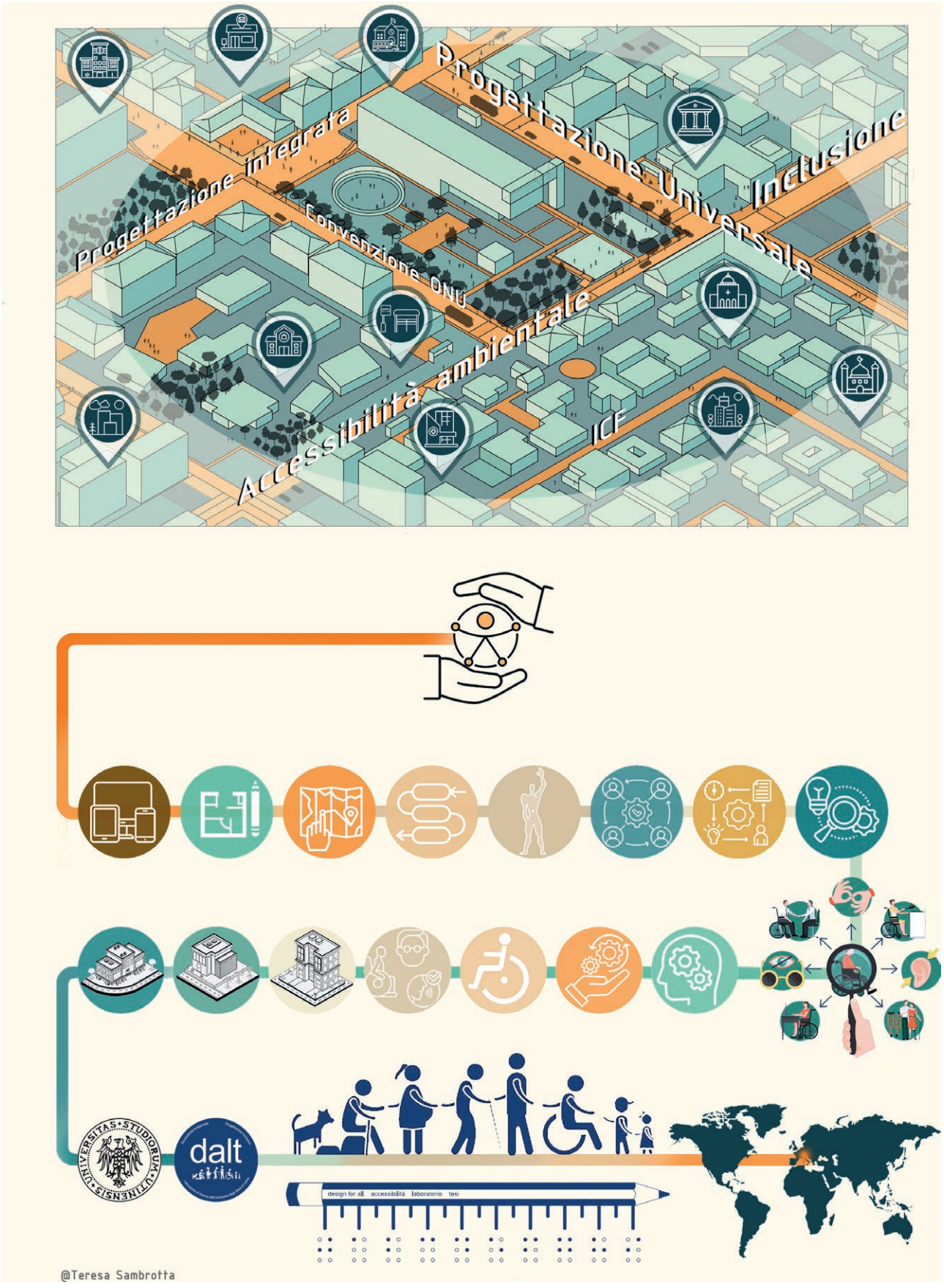
full inclusion within society. In Italy, the UN Convention has allowed to overcome Framework Law n. 104 of 1992 for the assistance, social integration and rights of disabled people, defined as those who have «a physical, mental or sensory impairment, stabilized or progressive, which is the cause of difficulties in learning, relating or work integration and such as to determine a process of social disadvantage or marginalization» (Framework Law n. 104 of 1992). Having extended the definition of disability to the possible interaction with elements of the context determines the central role of accessibility to goods, spaces and services in all disciplines dedicated to the person, from care to education, from culture to sport, from daily life to tourism. On these premises, environmental accessibility is the functional response that an architecture must be able to give to satisfy the various needs of users, eliminating physical, perceptive, sensory and cognitive criticalities that hinder the autonomous and independent life of people.
The national reference regulation[1] is outdated and designers still lack full awareness. However, the international regulation (ISO 21542:2021; UNI EN 17161:2019; EN 17210:2011) is adequate and identifies accessibility as a measurable requirement for the way in which products, systems, services, environments and structures can be used to achieve certain objectives in specific contexts of use by people belonging to a population with the widest range of needs, characteristics and abilities.
The recent paradigm shift, which considers accessibility a social design issue for the creation of safe and comfortable habitats for all, reaches beyond the obsolete standardised modus operandi of removing obstacles. It calls all citizens to an active role (Conti, 2024), specifically, in creating suitable environmental conditions. This indicates the need to overcome the approach to a project of merely overcoming/removing architectural barriers (physical, sensory and cognitive), and to instead adopt general and unitary strategies aimed at creating technical, functional and performance conditions as a whole.

The knowledge transfer of architectural technology to the local authorities of Friuli Venezia Giulia to support decision-making and evaluation processes

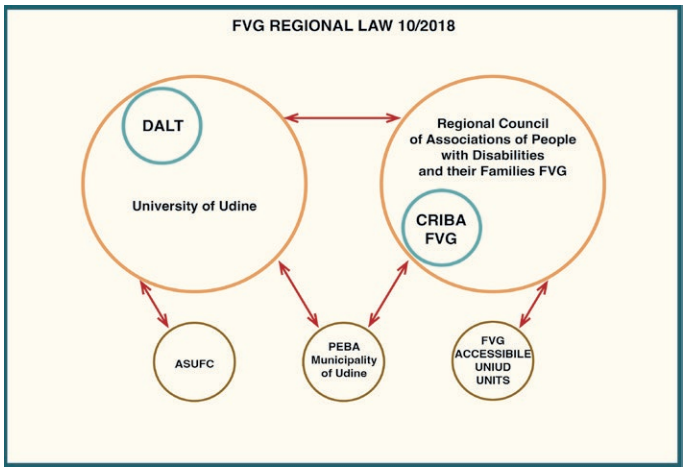
In the field of environmental accessibility, the University of Udine has established the dalt[2] laboratory, whose research activities are aimed at studying materials, techniques and technologies for correct interaction between people and the environment with the aim of supporting the universal design processes of goods, spaces and services.
The activities developed by the working group (Fig. 1) are aimed at sharing knowledge with the territory for the satisfaction of social needs through support for design, decision-making and evaluation processes of public institutions. These are technology transfer experiences that are placed in the field of social action for the enhancement of existing building heritage (Greco, 2012; Boniotti and Cerisola, 2022) with the consequent production of "public goods of a social, educational nature and policies for inclusion" (ANVUR, 2024).
Environmental accessibility is a specific area of technological design that is carried out in interdisciplinary, trans-disciplinary and multi-profes-

01| Laboratorio Dalt sull'accessibilità ambientale e progettazione inclusiva, autore T. Sambrotta
Dalt workshop on environmental accessibility and inclusive design, author T. Sambrotta

01 |



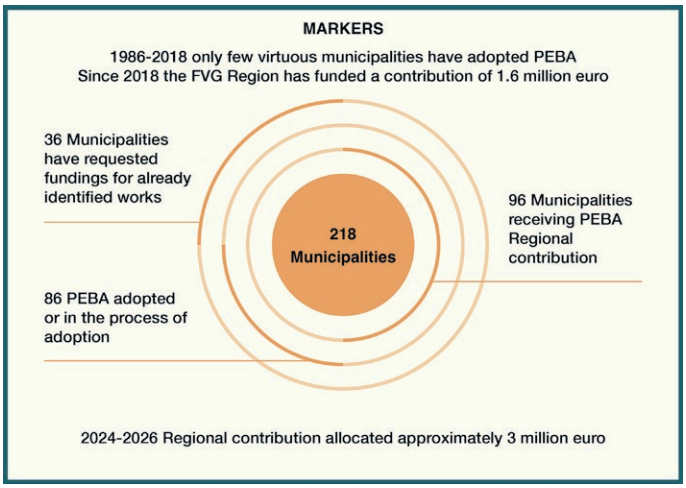
02| Laboratorio Dalt sull'accessibilità ambientale e progettazione inclusiva, organigramma dei partenariati di ricerca, elaborazione degli autori
Dalt Laboratory on Environmental Accessibility and Inclusive Design, organisation chart of research partnerships, elaboration of the authors



| 02

con Disabilità e delle loro Famiglie della Regione FVG (CRAD FVG): un ente del terzo settore riconosciuto dall'art.13 della L.R.16/2022 (Regione Friuli-Venezia Giulia, 2022), ex art.13bis della L.R. 41/1996 nonché un organismo rappresentativo e di coordinamento delle Associazioni delle persone con disabilità e dei loro interessi nonché interlocutore della Regione che la chiama a esprimere parere su ogni atto legislativo amministrativo relativo all'azione regionale in materia di disabilità. La Consulta regionale si avvale di un servizio tecnico denominato "Centro Regionale di Informazione su Barriere Architettoniche e Accessibilità" (CRIBA FVG) che è stato istituito nel 2009 con l'obiettivo di concentrare in un unico polo le attività di formazione e promozione delle tematiche legate all'accessibilità, all'eliminazione delle barriere architettoniche e alla progettazione urbanistica, edilizia e oggettuale rispettosa dei bisogni di tutti, in particolare delle categorie di utenti con fragilità. Sempre nel 2009 la Consulta regionale, con un finanziamento della Banca Popolare di Cividale, partecipa alla istituzione del Laboratorio Dalt dando inizio al lungo periodo di co-progettazione tra istituti di azioni di divulgazione della cultura dell'inclusione, di formazione dei professionisti e di ricerche "sul territorio e per il territorio" con l'obiettivo di contribuire alla crescita della consapevolezza collettiva del valore dell'inclusione e di concorrere alla realizzazione di ambienti accessibili (Baratta *et al*., 2019).
Il rapporto del Dalt con la Consulta e il Centro regionale è regolamentato da accordi istituzionali[2] e si basa su un pragmatico rapporto di servizio tra istituti con la consapevolezza del potenziale delle altrui competenze. Il Laboratorio opera in rete scientifica locale con l'Università di Trieste, nazionale con altre università per tramite del cluster Accessibilità Ambientale della Società Italiana della Tecnologia dell'Architettura (SITdA, ente del terzo settore con finalità di collegare università, professioni, istituzioni) e internazionale. Anche le attività interateneo sono regolamentate da specifici accordi come ad esempio il *memorandum of understanding* con l'Università di Morón, Buenos Aires[3] e quello con l'Università di Trieste e la Regione Friuli-Venezia Giulia[4] sui temi dell'accessibilità ambientale. Alla base tali rapporti sono fondati sulla condivisione etica di intenti mirati all'abbattimento delle disuguaglianze.
Tutte le azioni sviluppate all'interno del Dalt (Fig. 2) sono riconducibili alle strategie di Terza Missione del Dipartimento in coerenza con quanto definito a livello di Ateneo nel piano di finanziamento della ricerca, tenendo conto delle competenze distintive dei ricercatori del gruppo di ricerca per dare una risposta alle esigenze del territorio così come espresse dai diversi istituti interlocutori portatori di interesse. Lo svolgimento di dette attività impiega le risorse messe a disposizione dall'Ateneo e dallo stesso territorio così come programmate negli accordi specifichi. La coerenza dei processi di sperimentazione adottati con le richieste governative di valutazione della qualità della ricerca hanno per-

sional processes of architecture with the involvement of social and political, economic, legal, medical and welfare, nature and the environment sciences. The research is oriented towards dialogue and the co-production of network projects with the scientific community and with the territory; therefore, it triggers processes of transfer of skills between the various subjects involved, who acquire the essential skills for a correct orientation in the field of inclusion. The benefit also concerns the area of university education, which can experience the issues of accessibility on concrete case studies by drawing on practice to return innovative experiments.
Since the establishment of the Architecture Course, in 2002, the University has paid particular attention to research in the field of technological design for the creation of accessible architectures, encouraging collaboration with the Regional Council of Associations of People with Disabilities and their Families of the FVG Region (CRAD FVG). This is a third sector body recognised by art.13 of Regional Law 16/2022 (Friuli-Venezia Giulia Region, 2022), ex art. 13bis of Regional Law 41/1996, as well as a representative and coordination body of the Associations of people with disabilities and their interests, besides an interlocutor of the Region that calls upon it to express an opinion on every administrative legislative act relating to the regional action on disability. The Regional Council uses a technical service called "Regional Information Centre on Architectural Barriers and Accessibility" (CRIBA FVG) established in 2009 with the aim of concentrating in a single centre the training and promotional activities of issues related to accessibility, to the elimination of architectural barriers, and to urban, building and object planning that respects the needs of all, in particular of the categories of users presenting fragility. In 2009, with a loan from Banca Popolare di Cividale, the Regional Council participated in the establishment of the Dalt Laboratory, starting the long period of co-design between institutions of actions to disseminate the culture of inclusion, training of professionals, and research "on the territory and for the territory". The aim was to contribute to the growth of collective awareness of the value of inclusion, and to contribute to the creation of accessible environments (Baratta *et al*., 2019).
The relationship between the Dalt, the Consulta and the Regional Centre is regulated by institutional agreements[2], and is based on a pragmatic service relationship between institutions with the awareness of the potential of each other's skills. The Laboratory operates in a local scientific network with the University of Trieste, nationally with other universities through the Environmental Accessibility cluster of the Italian Society of Architectural Technology (SITdA, a third sector body focused on connecting universities, professions, institutions), and internationally. Inter-university activities are also regulated by specific agreements such as the *memorandum of understanding* with the University of Morón, Buenos Aires[3], and the one with the University of Trieste and the Friuli-Venezia Giulia Region[4] on environmental accessibility issues. These relationships are based on the ethical sharing of intentions aimed at reducing inequalities.
All the actions developed within the Dalt (Fig. 2) can be traced back to the Third Mission strategies of the Depart-



03| Studio per il PEBA di Udine: indicatori, rielaborazione degli autori estratta dalla presentazione partecipata

Study for the PEBA of Udine: indicators, reworking of the authors extracted from the participatory presentation

messo la formulazione delle attività nel loro insieme come caso di studio di Ateneo per il trasferimento delle conoscenze.

Realizzazione di strumenti funzionali all'attuazione della Legge del Friuli Venezia Giulia sull'accessibilità

La chiave di volta per l'impegno di trasmissione di competenze sull'accessibilità ambientale dall'accademia al territorio è la Legge regionale 10/2018 (Regione Friuli Venezia Giulia, 2018), "Principi generali e disposizioni attuative in materia di accessibilità" che facendo seguito alla legge nazionale di ratifica della Convenzione ONU ha regolamentato, tra l'altro, gli obiettivi e i presidi finalizzata alla realizzazione di un sistema integrato per l'accessibilità.

Con l'obiettivo di lungo termine di migliorare l'accessibilità su tutto il territorio regionale, adottando un modello di progetto incrementale[5], sono attribuiti alla Regione una serie di compiti insieme al CRIBA individuato quale Centro Unico di riferimento incaricato di gestire e coordinare tutte le attività previste e da svolgere "in collaborazione con il sistema universitario e della ricerca del Friuli Venezia Giulia" (art. 5 Presidi di rilevanza regionale L.R.10/2018). Si tratta di una indicazione mirata alla collaborazione per il progetto regionale definito FVGAccessibile[6] con l'obiettivo di realizzare un sistema integrato per i cittadini, i professionisti e i tecnici locali. L'avvio nel 2020 del progetto è agevolato da un contesto già consolidato di collaborazione tra gli enti coinvolti e gli Atenei di Udine e di Trieste. L'attività delle Università è indirizzata alla messa a punto degli strumenti finalizzati all'attuazione della Legge e l'impegno è inerente al progetto FVGAccessibile che mira, tra le altre, alla realizzazione di un applicativo di mappatura per l'accessibilità per cittadini, professionisti e pubbliche amministrazioni; di un portale web dedicato e di un programma di formazione per i professionisti. L'impegno delle due università ha concorso in sinergia e a fornito risposte concrete alla comunità definendo orientamenti scientifici conformi agli standard internazionali, stabilendo criteri e metodi omogenei per la rilevazione delle barriere architettoniche, creando una base di dati unica dedicata all'accessibilità e predisponendo linee guida attuative. Per tali risultati è stato necessario realizzare un sistema di classificazione integrato e costruire la struttura del sistema informatico di mappatura. L'intero percorso ha richiesto un costante supporto decisionale ai processi attuativi del sistema di mappatura completato dai manuali di rilevamento, le librerie di soluzioni e altri strumenti formativi strumentali all'applicazione del software. Il risultato complessivo dell'azione pubblica ha sinora incentivato la redazione dei Piani di Eliminazione delle Barriere Architettoniche in 86 comuni (Fig. 3), riconoscendo, così come anticipato nella legge, il valore della rete di competenze per l'ottimizzazione delle risorse pubbliche e il soddisfacimento di esigenze concrete dei cittadini.

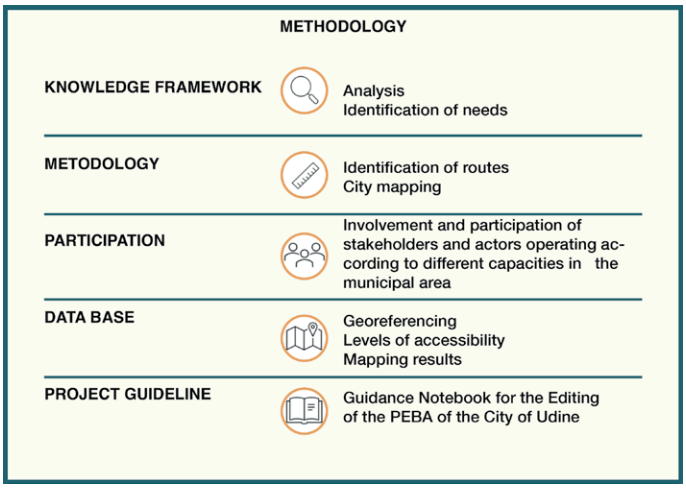
ment, in line with points defined at the University level in the research funding plan, considering the distinctive skills of the research group to respond to the needs of the territory as expressed by the various institute's stakeholders. The performance of these activities uses the resources made available by the University and by the territory itself as programmed in the specific agreements. The consistency of the experimentation processes adopted with the government requires an evaluation of the quality of research allowing the formulation of activities as a whole as a University case study for knowledge transfer.

Creation of functional tools for the implementation of the Friuli-Venezia Giulia law on accessibility

Regional Law 10/2018 (Friuli-Venezia Giulia Region, 2018), "General principles and implementing provisions on accessibility" is the cornerstone for the commitment to transmit skills on environmental accessibility from the academy to the territory. It follows the national law ratifying the UN Convention by regulating, among other things, the objectives and measures aimed at creating an integrated system for accessibility.

With the long-term objective of improving accessibility throughout the regional territory, adopting an incremental project model[5], a series of tasks are assigned to the Region together with the CRIBA identified as the Single Reference Centre responsible for managing and coordinating all the activities planned and to be carried out "in collaboration with the university and research system of Friuli Venezia Giulia" (art. 5 Presidia of regional relevance R.L. 10/2018). This is an indication aimed at collaboration for the regional project called FVGAccessibile[6] to create an integrated system for citizens, professionals and local technicians. The launch of the project in 2020 is facilitated by an already consolidated context of collaboration between the institutions involved and the Universities of Udine and Trieste. The activity of the Universities is aimed at developing the tools for implementing the Law. Commitment is inherent in the FVGAccessibile project, which aims, among other things, to create an accessibility mapping application for citizens, professionals and public administrations; a dedicated Web portal, and a training programme for professionals. The two universities have worked together in synergy, providing concrete answers to the community by defining scientific guidelines that comply with international standards, establishing homogeneous criteria and methods for the detection of architectural barriers, creating a single database dedicated to accessibility and preparing implementation guidelines. These results required the creation of an integrated classification system, and of the structure of the computer mapping system. The entire process required constant decision-making support for the implementation processes of the mapping system completed by survey manuals, solution libraries and other training tools instrumental to the application of the software. The overall result of the public action has so far encouraged the drafting of Plans for the Elimination of Architectural Barriers in 86 municipalities (Fig. 3), recognising, as anticipated in the law, the value of the network of skills for the optimisation of public resources and the satisfaction of concrete needs of citizens.

04| Studio per il PEBA di Udine: metodologia, rielaborazione degli autori estratta dalla presentazione partecipata
Study for the PEBA of Udine: methodology, reworking of the authors extracted from the participatory presentation



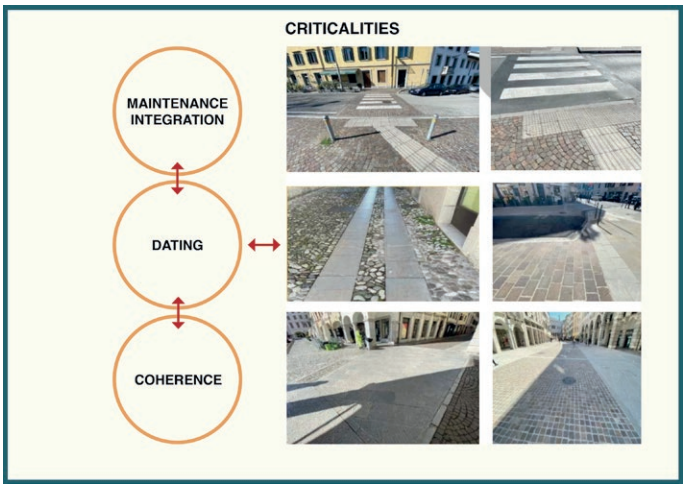
04 |

Attuazione di programmi ambientali per comunità accessibili: il caso del PEBA di Udine

L'attenzione della pubblica amministrazione alla progettazione universale in contesti da valorizzare ha spinto il gruppo di ricerca ad approfondire gli aspetti applicati nello specifico del Comune di Udine e ad allargare l'ambito di indagine alle tematiche della rigenerazione urbana in progetti pubblici a grande scala mettendo in gioco competenze strategiche previsionali e operative mirate alla gestione delle complessità dei processi realizzativi dell'habitat urbano (Guallart, 2015).
Dal punto di vista sperimentale le attività congiunte con il territorio hanno riguardato:
- ideazione e partecipazione in processi di valorizzazione urbana propedeutici alla redazione del Piano per l'Eliminazione delle Barriere Architettoniche PEBA del Comune di Udine[7];
- collaborazione all'ideazione e allo sviluppo del processo di riqualificazione del complesso dell'ex manicomio della provincia di Udine (Conti, 2023) con l'Azienda Sanitaria Universitaria Friuli Centrale ASUFC (ASUFC, 2024).
Si tratta di studi propedeutici sviluppati su commissione di enti territoriali al fine di costituire una base di dati aggiornata ed esaustiva funzionale alla messa a punto di procedimenti di assegnazione di incarico rispettivamente per la programmazione PEBA e la riqualificazione di un complesso dismesso. Nello specifico dell'accessibilità ambientale si riporta l'esperienza del PEBA di Udine redatto sulla base di uno studio di qualificazione e di valutazione del contesto in relazione della composizione urbana e della struttura operativa degli enti coinvolti[8].
Si tratta di una esperienza condotta per supportare il Comune nella fase istruttoria al fine di comprendere l'effettivo potenziale dello strumento PEBA (obbligatorio per legge) in merito alla valorizzazione della comunità e di scegliere indirizzi e strategie coerenti con la vocazione di Udine. In pratica (Conti *et al*., 2022; Comune di Udine, 2024) il lavoro di studio, analisi e rilievo condotto dai ricercatori del laboratorio Dalt (Fig. 4) è stato funzionale per l'ente nelle componenti politiche e tecniche di comprensione dello strumento PEBA, del contesto ambientale in relazione alle potenzialità del PEBA, di definizione delle criticità del sistema e di individuazione degli orientamenti strategici successivamente inseriti a bando e accolti dai progettisti incaricati. Di rilievo rispetto al trasferimento tecnologico è l'analisi territoriale con riferimento alla mappatura delle esigenze di accessibilità delle persone con disabilità, alla individuazione delle criticità ricorrenti e alla definizione delle priorità di intervento. In particolare è stata compiuta una analisi del territorio comunale (luoghi strategici per i cittadini, edifici amministrativi aperti al pubblico, servizi assistenziali e sanitari, strutture dedicate alla disabilità e ai servizi sociali), sono state analizzate diverse esperienze come casi studio rappresentativi, identificando le necessità di accessibilità per delineare i

Implementation of environmental programmes for accessible communities: the case of the PEBA of Udine
The attention of the public administration to universal design in contexts to be enhanced has pushed the research group to go into the details of aspects specifically applied to the Municipality of Udine, and to broaden the scope of investigation to the issues of urban regeneration in large-scale public projects by bringing into play strategic forecasting and operational skills aimed at managing the complexities of the urban habitat construction processes (Guallart, 2015).
From an experimental point of view, the joint activities with the territory concerned:
- conception and participation in urban enhancement processes preparatory to the drafting of the Plan for the Elimination of Architectural Barriers PEBA of the Municipality of Udine[7];
- collaboration in conceiving and designing the redevelopment process of the former mental asylum complex in the province of Udine (Conti, 2023) with the Friuli Centrale University Health Authority ASUFC (ASUFC, 2024).
These are preparatory studies developed on behalf of local authorities in order to create a database functional to the development of assignment procedures for PEBA programming and to the redevelopment of a disused complex. Specifically, the experience of the PEBA of Udine is reported, drawn up on the basis of a study of qualification and evaluation of the context in relation to the urban composition and operational structure of the entities involved[8].
This is an experience conducted to support the Municipality in the preliminary phase in order to understand the actual potential of the PEBA tool (mandatory by law) regarding the enhancement of the community, and to choose guidelines and strategies consistent with the calling of Udine. In practice (Accounts *et al*., 2022; Municipality of Udine, 2024), the study, analysis and survey work carried out by the researchers of the Dalt Laboratory (Fig. 4) were functional for the institution to understand the political and technical components of the PEBA tool, the environmental context in relation to the potential of the PEBA, the definition of the critical issues of the system, and the identification of the strategic orientations subsequently included in the call for tenders and accepted by the designers. With respect to technology transfer, the territorial analysis is important with reference to the mapping of the accessibility needs of people with disabilities, to the identification of recurring critical issues, and to the definition of intervention priorities. In particular, an analysis of the municipal territory was carried out (strategic places for citizens, administrative buildings open to the public, welfare and health services, facilities dedicated to disability and social services). Various experiences were analysed as representative case studies, identifying the accessibility needs to outline the paths with priorities of interest for intervention planning. Overall, the university has returned an organised and participatory database to identify possible development directions for the urban inclusion strategies. Initially, the Municipality of Udine benefitted from the intervention, which has received scientific support in the management phases. The designers had access to a

05| Studio per il PEBA di Udine: criticità, rielaborazione degli autori estratta dalla presentazione partecipata
Study for the PEBA of Udine: criticalities, reworking of the authors extracted from the participatory presentation



| 05

percorsi con priorità di interesse per una programmazione degli interventi. Complessivamente, l'università ha restituito una base di dati organizzata e partecipata per identificare possibili indirizzi di sviluppo per la messa a punto di strategie urbane di inclusione. Inizialmente, a beneficiare dell'intervento è stato il Comune di Udine, che ha ricevuto un supporto scientifico nelle fasi gestionali. I progettisti hanno avuto accesso a una base di dati strutturata e partecipata, da cui è stato sviluppato un PEBA che rileva e programma la soluzione di oltre 4.000 criticità ambientali (Fig. 5) in oltre 30 chilometri di itinerari urbani con conseguente beneficio dei cittadini. Per i progettisti il vantaggio di poter fondare la redazione del PEBA su uno studio analitico dello stato di fatto urbano della città e più approfondito per 5.4 chilometri con 120 criticità rilevate.

Impatto e prossimi sviluppi

Nell'insieme il Laboratorio Dalt opera con gli enti territoriali chiamati a investire finanziamenti dedicati impiegando strutture in aggiornamento bisognose di un supporto pragmatico avanzato in coerenza con gli indirizzi internazionali. Ciò significa che a fronte di un finanziamento, che nel caso in esame è di provenienza regionale, l'università mette a disposizione studi e ricerche compiute in termini di sviluppo di processi e di strumenti tecnologici anche in relazione all'innovazione dei sistemi edilizi e spaziali. Contestualmente l'università beneficia di detti finanziamenti potendo così usufruire di ambiti sperimentali che nello specifico del PEBA riguardano la progettazione universale, il rilievo esigenziale e la restituzione prestazionale delle soluzioni; a beneficiarne è anche la didattica con sempre nuovi temi da sviluppare in esperienze laboratoriali/workshop e ricerche di tesi di laurea in un virtuoso operare per la valorizzazione delle conoscenze. L'impegno di terza missione costante con il territorio ha permesso negli anni di costituire una rete di relazioni per lo sviluppo congiunto di programmi di ricerca lasciando a ogni ente coinvolto compiti definiti dal proprio ruolo e in particolare all'università la definizione degli indirizzi con il supporto tecnico dei centri di informazione su una base di dati messa disposizione dagli enti e con gli indirizzi strategici della politica. Il risultato è la restituzione di un quadro pubblico unico che compone le scelte mettendosi a disposizione anche di altri enti minori. Un contesto così condiviso comporta naturalmente il coinvolgimento attivo della società civile e introduce costantemente la pratica della partecipazione degli utenti (beneficiari delle opere) come motore di innovazione per pratiche responsabili condivise. Tutti gli enti coinvolti compiono una costante attività di divulgazione di formazione continua ai professionisti e di coinvolgimento partecipato dei cittadini, dei portatori di interesse, delle persone con disabilità e di altri operatori coinvolti come attori nei processi di realizzazione e gestione delle opere.

structured and participatory database from which a PEBA was developed, which detects and plans the solution of over 4,000 environmental criticalities (Fig. 5) in over 30 kilometres of urban itineraries with the consequent benefit for citizens. For the designers, the advantage of being able to base the drafting of the PEBA on an analytical study of the urban state of the city and, more in-depth, for 5.4 kilometres presenting 120 critical issues detected.

Impact and future developments

Overall, the Dalt Laboratory works with local authorities called to invest dedicated funding by employing up-to-date structures in need of advanced pragmatic support in line with international guidelines. This means that in exchange for funding, which in the case in question is of regional origin, the university provides studies and research carried out in terms of the development of processes and technological tools also in relation to the innovation of building and spatial systems. At the same time, the university benefits from these fundings, thus being able to take advantage of experimental areas that specifically concern universal design, demand relief and performance return of the solutions. Teaching also benefits from this, with ever new topics to be developed in laboratory experiences / workshops and thesis research in a virtuous work to enhance the value of knowledge. The constant commitment to the third mission with the territory has made it possible over the years to establish a network of relationships for the joint development of research programmes, assigning to each entity involved the tasks defined by its role. In particular, the university has the task of defining guidelines with the technical support of information centres, considering a database made available by the institutions, and with the strategic directions of politics. The result is the return of a single public framework that makes choices available to other smaller entities. Such a shared context naturally entails the active involvement of civil society, and constantly introduces the practice of user participation (beneficiaries of the works) as a driver of innovation for shared responsible practices. All the entities involved carry out a constant activity of dissemination, continuous training to professionals, and participatory involvement of citizens, stakeholders, people with disabilities and other operators involved as actors in the processes of construction and management of the works.
The impact of these initiatives also has a cultural dimension by acting as an engine of innovation in the process of acknowledging the rights of people with disabilities. It is an incremental impact that contributes to increase awareness, strengthens the instrumental apparatus, and restores specialised skills.
Indeed, an induced value of these projects can be attested by the continuous solicitations derived from the sharing of intents between the institutions involved. The peripheral dimension of the territory simplifies the relationships, also strengthened by the personal value of the operators who currently see the group always engaged with joint actions. From a methodological point of view, the complex structure provides official procedures with co-financed institutional agreements that define in detail the activities of the institutions involved, draw up the timetable, and guarantee the public return

L'impatto di queste iniziative ha anche una dimensione culturale fungendo da motore di innovazione del processo di riconoscimento dei diritti delle persone con disabilità; si tratta di un impatto incrementale che concorre all'aumento della consapevolezza, rafforza l'apparato strumentale e restituisce competenze specializzate.
Un valore indotto di queste progettualità può infatti essere attestato dalle continue sollecitazioni derivate dalla condivisione di intenti tra gli istituti coinvolti. La dimensione periferica del territorio semplifica le relazioni rafforzate anche dal valore personale degli operatori che allo stato attuale vedono il gruppo sempre impegnato con azioni congiunte. Dal punto di vista metodologico l'articolazione complessa prevede delle procedure formalizzate con accordi istituzionali cofinanziati che definiscono dettagliatamente le attività degli enti coinvolti, redigono il cronoprogramma e garantiscono la restituzione pubblica dei risultati attesi. Le procedure adottate sono replicabili in altri contesti e i risultati raggiunti innescano processi positivi di apprendimento tra le parti con conseguente avvio di nuovi programmi in un percorso di accrescimento che lega la teoria alla pratica per la valorizzazione del patrimonio edilizio esistente (Greco, 2012; Boniotti and Cerisola, 2022) con conseguente produzione di "beni pubblici di natura sociale, educativa e politiche per l'inclusione" (ANVUR, 2024).

ATTRIBUZIONE E RICONOSCIMENTI

Questo articolo è il risultato di una riflessione condivisa degli autori. Tuttavia i paragrafi "Il trasferimento delle conoscenze della Tecnologia dell'Architettura agli enti territoriali del Friuli Venezia Giulia a supporto di processi decisionali e valutativi" e "Impatto e prossimi sviluppi" sono da attribuire a C. Conti mentre i paragrafi "L'Accessibilità ambientale oltre l'abbattimento delle barriere architettoniche", "Realizzazione di strumenti funzionali all'attuazione della Legge del Friuli-Venezia Giulia sull'accessibilità" e "Attuazione di programmi ambientali per comunità accessibili: il caso del PEBA di Udine" sono da attribuire a A. Cervesato.

NOTE

[1] Legge 13 del 1989; Decreto 236 del 1989.

[2] Struttura di ricerca del Dipartimento Politecnico di Ingegneria e Architettura, DPIA https://dpia.uniud.it/it/ricerca/gruppi-di-ricerca/@@gruppo-ricerca?group-id=5121

[3] Convenzione di ricerca con finanziamento CRAD-DICA 01/07/2009; convenzione di collaborazione per attività di ricerca senza finanziamento CRAD-DPIA 07/12/2018 rinnovata fino al 2028.

[4] Accordo quadriennale del 22/11/2022. Accordo quadro di Ateneo dal 09/12/2019 al 09/12/2024.

[5] Accordo quadro di Ateneo dal 09/12/2019 al 09/12/2024; accordi attuativi con finanziamento dal 04/03/2020 al 04/03/2022 e dal 08/07/2022 al 07/01/2025.

[6] Tale modello è finalizzato al conseguimento di un'informazione sempre più completa e condivisa sull'accessibilità dello spazio aperto e dell'ambiente costruito sul territorio regionale, come emerso dalla conferenza stampa della Regione FVG del 28/02/2024.

[7] Accordo Regione Friuli-Venezia Giulia, Direzione centrale Infrastrutture e Territorio, responsabile del progetto FVGAccessibile, con l'Università; responsabili scientifici di Ateneo: C. Conti, I. Garofolo, E. Marchigiani; gruppo di lavoro universitario: B. Chiarelli, T. Sambrotta, E. Frattolin, V. Novak ed altri.

[8] Accordo di ricerca del 2021 studio preparatorio al progetto PEBA; gruppo di ricerca: C. Conti (responsabile scientifico), A. Pecile, S. Cioci.

[9] Professionisti incaricati: Global Project Architettura Inclusiva https://www.architetturainclusiva.it/

of the expected results. The procedures adopted are replicable in other contexts, and the results achieved trigger positive learning processes between the parties with the consequent launch of new programmes in a growth path that links theory to practice for the enhancement of the existing building heritage (Greco, 2012; Boniotti and Cerisola, 2022) with the consequent production of "public goods of a social, educational nature and policies for inclusion" (ANVUR, 2024).

ATTRIBUTION AND ACKNOWLEDGMENTS

This paper is the result of a shared reflection of the authors. However, the paragraphs "The Transfer of Knowledge of Architectural Technology to the Local Authorities of Friuli Venezia Giulia to Support Decision-Making and Evaluation Processes" and "Impact and Next Developments" are to be attributed to C. Conti, while the paragraphs "Environmental Accessibility Beyond the Removal of Architectural Barriers", "Creation of Functional Tools for the Implementation of the Friuli-Venezia Giulia Law on Accessibility" and "Implementation of Environmental Programs for Accessible Communities: the Case of the PEBA of Udine" are to be attributed to A. Cervesato.

NOTES

[1] Law 13 of 1989; Decree 236 of 1989.

[2] Research Structure of the Polytechnic Department of Engineering and Architecture, DPIA https://dpia.uniud.it/it/ricerca/gruppi-di-ricerca/@@gruppo-ricerca?group-id=5121

[3] Research agreement with CRAD-DICA funding 01/07/2009; collaboration agreement for research activities without CRAD-DPIA funding 07/12/2018 renewed until 2028.

[4] Four-year agreement of 22/11/2022. University Framework Agreement from 09/12/2019 to 09/12/2024.

[5] University Framework Agreement from 09/12/2019 to 09/12/2024; implementation agreements with funding from 04/03/2020 to 04/03/2022 and from 08/07/2022 to 07/01/2025.

[6] This model is aimed at achieving increasingly complete and shared information on the accessibility of open space and the built environment in the region, as emerged from the press conference of the FVG Region on 28/02/2024.

[7] Agreement between the Friuli-Venezia Giulia Region, Central Directorate for Infrastructure and Territory, responsible for the FVGAcessibile project, with the University; University scientific coordinators: C. Conti, I. Garofolo, E. Marchigiani; university working group: B. Chiarelli, T. Sambrotta, E. Frattolin, V. Novak and others.

[8] 2021 research agreement preparatory study for the PEBA project; research group: C. Conti (scientific coordinator), A. Pecile, S. Cioci.

[9] Professionals in charge: Global Project Inclusive Architecture https://www.architetturainclusiva.it/

REFERENCES

ANVUR – Agenzia nazionale di valutazione del sistema universitario e della ricerca (2024), Valorizzazione delle conoscenze. VQR 2020-2024. Available at: https://www.anvur.it/it/ricerca/valorizzazione-delle-conoscenze (Accessed on 26 June 2025).

ASUFC – Azienda sanitaria universitaria Friuli Centrale (2024), Gara europea a procedura aperta, ai sensi dell'art. 71 del d.lgs. 36/2023, riqualificazione del comprensorio ex ospedale psichiatrico di Sant'Osvaldo a Udine. Available at: https://asufc.sanita.fvg.it/it/bandi-gara/2024_GARA-EUROPEA-A-PROCEDURA-APERTA-PER-LAFFIDAMENTO-DI-SERVIZI-TECNICI-DI-INGEGNERIA-E-ARCHITETTURA-FINALIZZATI-AGLI-INTERVENTI-DI-RIQUALIFICAZIONE-DEL-COMPRENSORIO-EX-OSPEDALE-PSICHIATRICO-DI-SANTOSVALDO-A-UDINE (Accessed on 26 June 2025).

Baratta, A.F.L., Conti, C. and Tatano, V. (2019), "Abitare inclusivo. Studi, ricerche e sperimentazioni", in Baratta, A., Conti, C., and Tatano, V. (Eds.) Abitare inclusivo. Il progetto per una vita autonoma e indipendente. Anteferma, Conegliano, pp. 14-17.

Boniotti, C. and Cerisola, S. (2022), "Valorizzazione del patrimonio culturale: il ruolo del capitale territoriale", Intrecci, Vol. 2, pp. 25-39.

Comune di Udine (2024), Piano per l'eliminazione delle barriere architettoniche – PEBA. Available at: https://www.comune.udine.it/Amministrazione-Trasparente/Pianificazione-e-governo-del-territorio/Piani-di-settore/Piano-per-l-eliminazione-delle-barriere-architettoniche-PEBA (Accessed on 26 June 2025).

Conti, C. *et al.* (2022), "Accessible itineraries. Udine, a contribution to the eco-social transition of medium-sized urban centres", TECHNE – Journal of Technology for Architecture and Environment, (23), pp. 211–220. Available at: https://doi.org/10.36253/techne-12131.

Conti, C. (Ed.) (2023), Il Parco di Sant'Osvaldo. Elementi e figure del progetto nel comprensorio dell'ex manicomio della Provincia di Udine, Anteferma, Conegliano.

Conti, C. (2024), L'accessibilità ambientale per l'inclusione, Forum, Udine.

Greco, A. (2012), "Accessibilità e fruibilità del patrimonio architettonico: occasioni per una sostenibilità "sociale" del recupero", in Ricerche E Progetti Per Il Territorio, La Città e l'architettura, 3 (5), pp. 179-202. Available at: https://doi.org/10.6092/ISSN.2036-1602/3486.

Guallart, V. (2015), "From urban planning to Urban Habitat", TECHNE – Journal of Technology for Architecture and Environment, Vol. 10, pp. 24-27 Pages. Available at: https://doi.org/10.13128/TECHNE-17497.

Regione Friuli-Venezia Giulia (2018), Legge regionale 19 marzo 2018, n. 10 – Principi generali e disposizioni attuative in materia di accessibilità. Available at: https://lexview-int.regione.fvg.it/fontinormative/xml/xmllex.aspx?anno=2018&legge=10 (Accessed on 26 June 2025).

Regione Friuli-Venezia Giulia (2022), Legge regionale 14 novembre 2022, n. 16 – Interventi a favore delle persone con disabilità e riordino dei servizi sociosanitari in materia. Available at: https://lexview-int.regione.fvg.it/FontiNormative/xml/XmlLex.aspx?anno=2022&legge=16#art11 (Accessed on 26 June 2025).

Repubblica Italiana (2009), Legge 3 marzo 2009, n. 18 – Ratifica ed esecuzione della Convenzione delle Nazioni Unite sui diritti delle persone con disabilita, con Protocollo opzionale, fatta a New York il 13 dicembre 2006 e istituzione dell'Osservatorio nazionale sulla condizione delle persone con disabilita. Available at: https://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2009/03/14/009G0027/sg (Accessed on 26 June 2025).

UN – Department of Economic and Social Affairs – Social Inclusion (2006), Convention On The Rights Of Persons With Disabilities. Available at: https://social.desa.un.org/issues/disability/crpd/convention-on-the-rights-of-persons-with-disabilities-articles (Accessed on 26 June 2025).

WHO – World Health Organization (2001), International Classification of Functioning, Disability and Health (ICF). Available at: https://www.who.int/standards/classifications/international-classification-of-functioning-disability-and-health (Accessed on 26 June 2025).

Progettare quartieri sani. Strumenti e reti per connettere università, comunità e istituzioni

Nicoletta Setola[1], https://orcid.org/0000-0002-0632-5354 nicoletta.setola@unifi.it
Alessandra Rinaldi[2], https://orcid.org/0000-0002-8910-613X alessandra.rinaldi@unifi.it
[1] Dipartimento di Architettura, Centro TESIS, Università degli Studi di Firenze, Italia
[2] Dipartimento Architettura, IDEE Lab, Università degli Studi di Firenze, Italia

Abstract. L'articolo tratta un esempio di trasferimento tecnologico per supportare processi decisionali di trasformazione dell'ambiente costruito evidenziando il ruolo dell'università come facilitatore e innovatore di scenari. La discussione riguarda gli impatti prodotti dalla ricerca Quartieri Sani Hub come: valorizzazione delle conoscenze avvenuta collegando settori diversi quali architettura, design, politiche sociali e sanitarie; rilevanza dei risultati raggiunti rispetto al contesto locale (lavoro su un'area periferica urbana a forte deprivazione e adozione nel Piano Operativo Comunale del modello concettuale elaborato dalla ricerca); valore aggiunto per i beneficiari (svolgimento di iniziative partecipate basate su evidenze che sensibilizzano su salute-ambiente e creazione di strumenti di supporto alla progettazione del quartiere sano).

Parole chiave: Casa della Comunità; *Healthy neighbourhood*; *Active and Healthy Ageing*; *Co-design Methods*; *Healthy City.*

Introduzione

Il paper racconta un'esperienza di ricerca interdisciplinare che ha coinvolto ricercatori afferenti all'area progettuale a diverse scale (product design, tecnologia dell'architettura, pianificazione urbanistica, architettura del paesaggio), insieme a diversi attori e istituzioni pubbliche e private (Città Metropolitana di Firenze, Comune di Firenze, Società della Salute di Firenze, Azienda USL Toscana Centro, Metalco Group). Il progetto rappresenta un modello di trasferimento tecnologico e di conoscenze a supporto di processi decisionali e valutativi sul tema della correlazione tra l'ambiente costruito in cui le comunità vivono e risiedono e la salute dei cittadini. La ricerca "Quartieri Sani Hub", finanziata dal programma "Ricercatori a Firenze" di Fondazione CR di Firenze al Dipartimento di Architettura dell'Università di Firenze, ha messo in luce infatti il ruolo dell'Università come *player* di una serie di iniziative svolte in collaborazione con soggetti non accademici per la produzione, condivisione e valorizzazione di strategie progettuali *impact-centred* (Fokkinga *et al*., 2020), secondo un approccio *bottom-up*, sviluppato all'interno di una quadro concettuale sistemico di conoscenze scientifiche.

Lo scopo del paper è esplicitare gli impatti che tali iniziative portano sulla società soddisfacendo esigenze inespresse delle comunità urbane, rispondendo a richieste emergenti nell'ambito del progetto di architettura e design, supportando il coinvolgimento di utenti e *stakeholder* nell'innovazione dei processi progettuali, decisionali e valutativi.

La ricerca Quartieri Sani Hub

La ricerca Quartieri Sani Hub (Healthy Neighborhoods Hub – HNH) parte dal presupposto che la salute dei cittadini è fortemente correlata all'ambiente in cui le comunità vivono e che l'ambiente costruito, in tutte le sue forme e scale di progetto, influenza gli stili di vita e i comportamenti delle persone (Barton and Grant, 2006). L'obiettivo è quello di definire strategie e scenari progettuali finalizzati al miglioramento dello spazio pubblico del quartiere per promuovere la salute nelle politiche urbane in accordo con l'approccio dell'*urban health* (WHO-UNHabitat, 2016). L'attività di ricerca trasferisce sul territorio le conoscenze scientifiche sul tema del rapporto tra ambiente costruito, declinato alla scala del quartiere, e salute, sviluppate dal gruppo di ricercatori in ambito accademico, con l'obiettivo di creare strategie e strumenti progettuali condivisi, comprensibili e utilizzabili

Designing Healthy Neighbourhoods: Tools and Networks to Connect Universities, Communities, and Institutions

Abstract. The paper deals with an example of technology transfer to support decision-making processes for the transformation of the built environment, highlighting the role of the university as a facilitator and innovator of scenarios. The discussion concerns the impacts produced by the research Healthy Neighbourhood Hub, precisely value enhancement of knowledge achieved by connecting different sectors such as architecture, social and health policies; relevance of the results achieved with respect to the local context: peripheral urban area with high deprivation, and the adoption in the Municipal Operational Plan of the conceptual model developed by the research; added value for the beneficiaries: participatory initiatives based on evidence that raise awareness on health-environment, and tools to support the design of the healthy neighbourhood.

Parole chiave: House of the Community; Healthy Cities; Active and Healthy Ageing; Co-design; Healthy city.

Introduction

The paper describes an interdisciplinary research experience, which involved researchers from the design area at different scales (product design, architectural technology, urban planning, landscape architecture), together with various public and private actors and institutions (Metropolitan City of Florence, Municipality of Florence, Health Company of Florence, Azienda USL Toscana Centro, Metalco Group). The project presents a model of technology and knowledge transfer to support decision-making and evaluation processes on the topic of correlation between the built environment in which communities live and reside, and the health of citizens. The research "Quartieri Sani Hub", funded by the "Ricercatori a Firenze" programme of Fondazione Cassa di Risparmio di Firenze at the Department of Architecture, University of Florence, highlighted the role of the University as a player in a series of initiatives carried out in collaboration with non-academic subjects. Focus is on design, sharing and value enhancement of impact-centred design strategies (Fokkinga *et al*., 2020), adopting a bottom-up approach, developed within a systemic conceptual framework of scientific knowledge. The aim of the paper is to clarify the impacts these initiatives have on society by satisfying unexpressed needs of urban communities, responding to emerging requests in the context of architecture and design projects, and supporting the involvement of users and stakeholders in the innovation of design, decision-making and evaluation processes.

ISSN online: 2239-0243 | © 2025 Author(s) | http://www.fupress.com/techne | DOI: 10.36253/techne-17365
Open access, peer-reviewed article published by Firenze University Press (https://www.fupress.com) and distributed, except where otherwise noted, under the terms of the CC BY 4.0 License for content and CC0 1.0 Universal for metadata

da tutti gli attori coinvolti. Strategie e strumenti sono mirati a supportare i processi decisionali e valutativi da parte dei diversi *stakeholder* coinvolti nella ricerca, e sono orientati alla trasformazione dell'ambiente costruito, evidenziando così il ruolo dell'università come facilitatore e innovatore di scenari.
Il progetto adotta l'approccio della ricerca-azione e, in accordo con i partner pubblici, identifica come casi studio rappresentativi e terreno di sperimentazione su cui verificare e interpretare i temi dell'inclusione, della prossimità e degli stili di vita sani, due quartieri di Firenze dotati entrambi di una Casa della Comunità (CdC)[1], considerata come il fulcro di promozione della salute e interfaccia tra il pubblico e i cittadini (Brambilla and Maciocco, 2023).
Il modello concettuale HNH definito nella prima fase della ricerca descrive sette temi per un quartiere sano a inclusivo, che incorporano fattori spaziali e ambientali che contribuiscono a promuovere il perseguimento di obiettivi di salute e benessere fisici, ambientali e percettivi a livello di quartiere (Macchi *et al*., 2024) (Fig. 1).

Dopo la costruzione del modello concettuale HNH, le conoscenze scientifiche sviluppate in una prima fase all'interno dell'Università, sono state portate sul campo e utilizzate come vettori dell'innovazione, per attivare un processo euristico-abduttivo di connessione tra il *know-what* con il *know-where* e il *know-why*. Il gruppo di ricerca ha utilizzato le conoscenze scientifiche che hanno portato alla definizione del modello concettuale HNH come motore per la produzione di conoscenza in termini di comprensione di prodotti, processi e persone e come strumento di supporto alla ricerca per impostare le basi per le attività partecipative e di co-progettazione.
Il processo di ricerca azione ha seguito un approccio *bottom-up* e a rete, sperimentando nuove modalità di interazione basate sull'attivazione di un network con diversi attori e istituzioni pubbliche e private (Fig. 2). Esso si è articolato nelle seguenti attività:

1. indagine sui casi studio, attraverso sopralluoghi, rilievi, misurazioni qualitative e quantitative e osservazione diretta di esperti;

01 |

2. interviste a esperti tra le istituzioni e il terzo settore;
3. *Healthy Lab*, laboratori con la finalità di discutere con le istituzioni e gli esperti in tema della salute i temi del modello concettuale, utilizzando il metodo del *card sorting* (Roy and Warren, 2019);
4. *Open Space Lab*, ovvero sessioni di progettazione partecipata e di tavoli di discussione con attori locali, cittadini interessati e *stakeholder* appartenenti a istituzioni, terzo settore e professionisti, e ricercatori, nel ruolo di facilitatori e *problem finder*, per comprendere i contesti, le esigenze e i bisogni anche latenti dei cittadini, le criticità, le opportunità e le priorità legate ai quartieri sul tema di come progettare un quartiere sano, inclusivo e vivibile (Busciantella Ricci *et al*., 2024).

I bisogni inespressi degli abitanti sono stati rilevati anche tramite una osservazione sul campo di esperti nelle aree di studio scelte, con metodologia di indagine etnografica leggera (Hanington and Martin, 2019), e una mappatura georeferenziata su una MyMap in accordo con i temi del modello concettuale HNH.

I dati e risultati emersi dalle attività di ricerca sul campo sono stati utilizzati all'interno di un Living Lab, ovvero un workshop di co-design, per e con gli *stakeholder*, i cui risultati hanno consentito di definire le strategie e gli scenari per un ambiente urbano capace di promuovere stili di vita sani. Il co-design workshop ha avuto una durata di quattro giorni ed ha coinvolto i partner di progetto, gli *stakeholder* e i cittadini, con l'obiettivo di progettare in modo partecipativo e collaborativo concetti tangibili ed identificare scenari di progettazione per un quartiere sano alle diverse scale progettuali (Rinaldi *et al*., 2025).

Alla luce dei risultati emersi nel processo di indagine e partecipativo sono stati elaborati diversi tipi di output:

1. scenari progettuali a diverse scale del progetto: per tutto il tessuto urbano del quartiere e per gli spazi aperti in prossimità delle CdC, fondamentali per connettere la rete fisica, dei servizi e informativa per la comunità del quartiere;
2. strumenti di supporto contenenti strategie e linee guida per enti pubblici e progettisti per indirizzare la progettazione di quartieri sani;
3. una *health map* per sensibilizzare i cittadini sul tema ambiente costruito e salute.

Gli impatti verificabili

In accordo con i criteri di valutazione espressi nel Documento sulle modalità di valutazione dei casi studio della VQR (Valutazione della Qualità della Ricerca) per le attività di valorizzazione delle conoscenze, evidenziamo quali sono i punti salienti della ricerca che in qualche modo vanno a contribuire agli impatti scaturiti dalla ricerca.

La valorizzazione delle conoscenze

Nella ricerca la valorizzazione delle conoscenze è avvenuta collegando aree e settori diversi come quello dell'architettura (rappresentato dall'Università), delle politiche sociali (rappresentato dal Comune), delle politiche sanitarie (rappresentato dalla Società della Salute e dalla Azienda USL locale).

Nella ricerca è emerso come fattore positivo il contributo delle diverse discipline nell'area dell'architettura: Progettazione tecnologica e ambientale, Design, Urbanistica, Architettura del Paesaggio, che ha portato allo sviluppo di conoscenze ibride

Healthy Neighbourhood Hub research project

The Healthy Neighbourhood Hub (HNH) research starts from the assumption that citizens' health is strongly related to the environment in which communities live, and that the built environment, in all its forms and design scales, influences people's lifestyles and behaviours (Barton and Grant, 2006). The aim is to define strategies and design scenarios aimed at improving the neighbourhood's public space to promote health in urban policies in accordance with the urban health approach (WHO-UNHabitat, 2016). The research activity transfers to the territory scientific knowledge on the topic of the relationship between the built environment, considered at the neighbourhood scale, and health, developed by the group of researchers in the academic field. The aim is to create strategies and design tools that are shared, understandable, and usable by all the actors involved. Strategies and tools are designed to support the decision-making and evaluation processes of the various stakeholders involved in the research. They are oriented towards the transformation of the built environment, thus highlighting the role of the university as a facilitator and innovator of scenarios.

The project adopts the action research approach and, in agreement with the public partners, identifies as representative case studies and testing grounds on which to verify and interpret the themes of inclusion, proximity and healthy lifestyles two neighbourhoods of Florence both equipped with a Casa della Comunità (House of Community – CdC)[1], considered as the hub of health promotion and interface between the public and citizens (Brambilla and Maciocco, 2023).

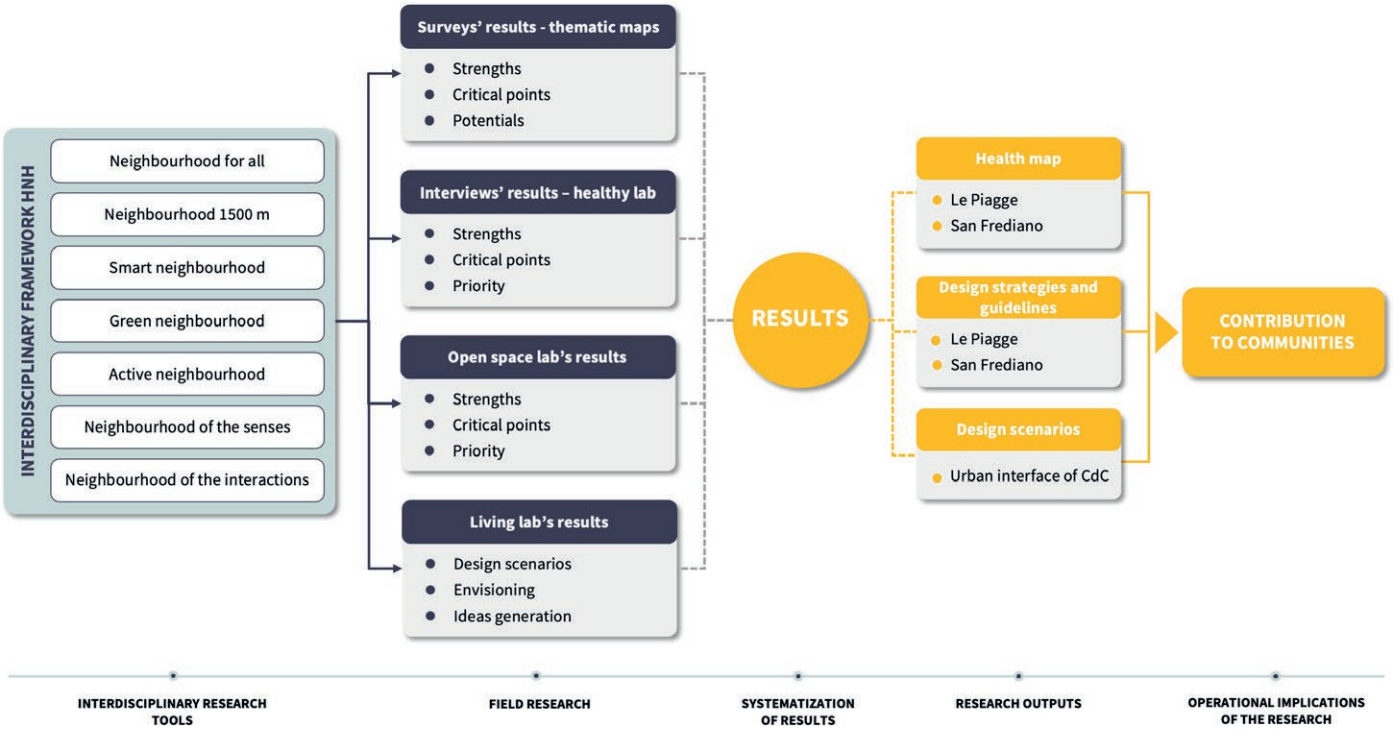
The HNH conceptual model defined in the first phase of the research describes seven themes for a healthy and inclusive neighbourhood, which incorporate spatial and environmental factors that contribute to promoting the pursuit of physical, environmental, and perceptual health and well-being objectives at neighbourhood level (Macchi *et al*., 2024) (Fig.1).

After the construction of the HNH conceptual framework, the scientific knowledge developed in an initial phase within the University was brought to the field and used as vectors of innovation to activate a heuristic-abductive process of connection between know-what with know-where and know-why. The research group used the scientific knowledge that led to the definition of the HNH conceptual framework as a driver of knowledge in terms of understanding products, processes and people, and as a research support tool to set the foundations for participatory and co-design activities.

The action research process followed a bottom-up and network approach, experimenting with new methods of interaction based on the activation of a network with different actors and public and private institutions (Fig. 2). It was divided into the following activities:

1. investigation of case studies through surveys, qualitative and quantitative measurements and direct observation of experts;
2. interviews with experts among the institutions and the third sector;
3. Healthy Labs, laboratories to discuss the themes of the conceptual framework with institutions and

02 |



in grado di dialogare con gli altri settori, politico e sanitario, che sono diventati partner attivi della ricerca ed hanno collaborato con il gruppo di ricerca lungo tutto il percorso attraverso incontri di kick-off, interviste e focus group, e partecipazione agli eventi pubblici, descritti di seguito. Il personale sanitario e amministrativo composto da medici, specialisti ambulatoriali, infermieri, assistenti sociali, coordinatori infermieristici, coordinatori di distretto della AUSL Toscana Centro, in particolare il personale appartenente al Distretto di Firenze e attivo nelle due CdC Le Piagge e Santa Rosa, è stato coinvolto attivamente in interviste semi-strutturate e workshop collaborativi (vedi paragrafo successivo). I sette temi del quartiere sano, frutto di evidenze maturate in ambito accademico, sono stati al centro di tali dialoghi, e sono stati arricchiti dal contributo di una visione sanitaria e sociale, generando così la condivisione di nuovi saperi e conoscenze utili alla trasformazione e gestione dell'ambiente costruito alle sue diverse scale.

In particolare, alcuni temi della Agenda Territoriale 2030 come l'invecchiamento della popolazione, la mobilità urbana e la connettività territoriale, la sicurezza negli spazi pubblici sono stati affrontati con particolare attenzione all'utente attraverso lo sviluppo di strategie progettuali che facilitano la creazione di

health experts, using the card sorting method (Roy and Warren, 2019);
4. Open Space Labs, participatory design sessions and roundtable discussions with local actors, interested citizens and stakeholders from institutions, the services sector and professionals, besides researchers in the role of facilitators and problem finders, to understand the contexts, needs and even latent needs of citizens, the critical issues, opportunities and priorities related to neighbourhoods on the topic of how to design a healthy, inclusive and liveable neighbourhood (Busciantella Ricci *et al*., 2024).

The unexpressed needs of the inhabitants were also surveyed by means of expert field observation in the chosen study areas, using light ethnographic survey methodology (Hanington and Martin, 2019), and georeferenced mapping on a MyMap in accordance with the themes of the HNH conceptual model.

The data and results emerging from field research activities were used within a Living Lab, a co-design workshop, for and with stakeholders. The results allowed us to define the strategies and scenarios for an urban environment, capable of promoting healthy lifestyles. The co-design workshop lasted 4 days and involved project partners, stakeholders, and citizens, with the aim of participatory and collaborative design of tangible concepts, and of identifying design scenarios for a healthy neighbourhood at different design scales (Rinaldi *et al*., 2025).

Different types of outputs were developed based on the results that emerged in the investigation and participatory process:

1. design scenarios at different scales of the project: at urban level for the entire neighbourhood and for the open spaces near the CdCs, which are essential to connect the physical, service and information network for the neighbourhood community;
2. support tools containing strategies and guidelines for public bodies and designers to direct the design of healthy neighbourhoods;
3. a health map to raise awareness among citizens on the topic of the built environment and health.

Verifiable impacts

In accordance with the evaluation criteria expressed in the Document on the methods of evaluation of VQR (the Italian Research Quality Assessment) case studies for activities highlighting the value of knowledge, we underscore the salient points of the research that somehow contribute to the impacts arising from the research.

Value enhancement of knowledge

In the research, value enhancement of knowledge occurred by connecting different areas and sectors such as architecture (represented by the University), social policies (represented by the Municipality), and health policies (represented by the Health Company and the local USL Company).

The contribution of the different disciplines in the area of architecture emerged as a positive factor, namely Technological and environmental design, Design, Urban planning, Landscape Architecture, which led to the development of hybrid knowledge capable of dialoguing with the other sectors, which were politics and health. These became active partners in the research, and collaborated with the

percorsi sani e inclusivi e la promozione di reti sane (Setola and Rinaldi, 2024).
L'approccio interscalare e interdisciplinare è visibile in uno degli output della ricerca, gli scenari di progetto, prodotti come esemplificazione nei due casi studio analizzati: c'è uno scenario alla scala urbana che connette i luoghi sani del quartiere e prevede la connessione tra i percorsi pedonali interrotti, e c'è uno scenario metaprogettuale che riguarda lo spazio di interfaccia tra la CdC e lo spazio urbano circostante. Uno spazio, questo, ricco di funzioni e collegamenti ripensati per il benessere e la salute della comunità del quartiere. In tale spazio trovano posto arredi urbani che favoriscono inclusione sociale e promozione dell'attività fisica (Fig. 3).

La rilevanza dei risultati rispetto al contesto locale
Il contesto di riferimento di uno dei due casi studio analizzati nella ricerca è un'area periferica a nord-ovest della città caratterizzata dalla presenza di spazi verdi, in parte inutilizzati a causa della mancanza di attrezzature di supporto o in stato di abbandono; e una viabilità anomala, difficilmente pedonabile, che rende difficile gli spostamenti interni e verso il resto della città. Ciò non favorisce la condizione già complicata della popolazione residente, caratterizzata da situazioni socio-economiche fragili e dalla difficile integrazione delle comunità di origine straniera nel tessuto sociale. Il forte disagio socio-economico ha portato però allo sviluppo di un forte senso di aiuto reciproco e appartenenza al luogo nella comunità, attraverso associazioni e comitati di formazione spontanea. All'interno dell'area sorge una CdC, polo importante per la promozione della salute nel quartiere.
Il dialogo instauratosi tra il gruppo di ricerca, i partner e gli *stakeholder* coinvolti durante la ricerca, insieme alla redazione di output di progetti tangibili per questa area, hanno innescato iniziative che hanno allargato il network dei partner dando vita a nuovi progetti di ricerca (ad esempio il progetto "Filoverde Le piagge" all'interno del Bando Welfare 2023 della Fondazione CR Firenze) e alla firma di un Protocollo di intesa tra Università, Comune, Società della Salute, e Urban Housing Coop. net[2]. All'interno di tali progettualità sono previsti processi partecipativi finalizzati all'utilizzo del nuovo parco inclusivo[3] che sorgerà fuori dalla CdC, interventi specifici che riguardano la realizzazione di percorsi sani e sicuri per tutti, e alcune attività di miglioramento degli spazi per la comunità dentro la CdC in collaborazione con la AUSL Toscana Centro.
La ricaduta sul territorio di conoscenze derivanti dalle ricerche è documentabile non solo tramite iniziative di supporto a bisogni ed esigenze delle comunità, ma anche attraverso il trasferimento nelle dinamiche di policy dell'ambiente costruito. L'interlocuzione con il Comune di Firenze ha portato infatti alla decisione di inserire il modello concettuale dei sette temi HNH elaborato dalla ricerca per guidare le scelte e gli interventi espressi negli strumenti urbanistici comunali: ne è un esempio l'inserimento, all'interno della relazione del Piano Operativo, di più paragrafi in cui viene trattato il tema del quartiere sano[4]: "Verso una città sana" nel capitolo 4 e "Prossimità e quartieri sani" nel capitolo 7. Anche all'interno del Piano Strutturale è stato inserito il capitolo "Firenze città sana" in cui il tema della CdC e della sua interfaccia urbana sono riconosciuti come particolari luoghi identitari della città, come nodi di prossimità sui quali sperimentare specifici processi di partecipazione per indi-

research group throughout the process through kick-off meetings, interviews and focus groups, and participation in public events, which are described below. The health and administrative personnel such as doctors, outpatient specialists, nurses, social workers, nursing coordinators, district coordinators of the AUSL Toscana Centro, in particular those belonging to the District of Florence and active in the two CdC Le Piagge and Santa Rosa, were actively involved in semi-structured interviews and collaborative workshops (see next paragraph). The seven themes of the healthy neighbourhood, the result of evidence developed in the academic field, were central to these dialogues. They were enriched by the contribution of a health and social vision, thus generating the sharing of new knowledge and skills, which are useful for the transformation and management of the built environment at its various scales.
Some themes of the Territorial Agenda 2030, such as population ageing, urban mobility, territorial connectivity, and safety in public spaces were addressed with particular attention to the user through the development of design strategies that facilitate the creation of healthy and inclusive paths, and the promotion of healthy networks (Setola and Rinaldi, 2024).
The intercalary and interdisciplinary approach is visible in one of the research outputs, the project scenarios, produced as an example in the two case studies analysed. There is a scenario at the urban scale that connects the healthy places of the neighbourhood and provides for the connection between the interrupted pedestrian paths. There is also a meta-project scenario, which concerns the interface space between the CdC and the surrounding urban space. This is a space rich in functions and connections, redesigned to ensure the well-being and health of the neighbourhood community. The street furniture in this space favours social inclusion and promotion of physical activity (Fig. 3).

The relevance of the results to the local context
The reference context of one of the two case studies analysed in the research is a peripheral area in the north-west of the city featuring the presence of green spaces, which are partly unused due to the lack of support equipment or in a state of abandonment; an anomalous road system, hard to walk on, which makes movement difficult, both internal and towards the rest of the city. This does not favour the already complicated situation of the resident population, characterised by fragile socio-economic situations and the complex integration of communities of foreign origin into the social fabric. However, the strong socio-economic hardship has led to the development of a strong sense of mutual help and belonging to the place in the community, through associations and spontaneous training committees. The area includes a CdCe, an important centre for the promotion of health in the neighbourhood. The dialogue established between the research group, the partners and the stakeholders involved during the research, together with the drafting of tangible project outputs for this area, have triggered initiatives that have expanded the network of partners, giving rise to new research projects (for example, Bando Welfare 2023 of the Fondazione CR Firenze), and to the signing of a Memorandum of Under-

03 | Uno degli scenari evocativi di progetto nell'interfaccia della Casa della Comunità Santa Rosa
One of the evocative design scenarios in the interface of the House of Community Santa Rosa

viduare le aree di intervento e avviare bandi di sperimentazione in ogni quartiere della città.

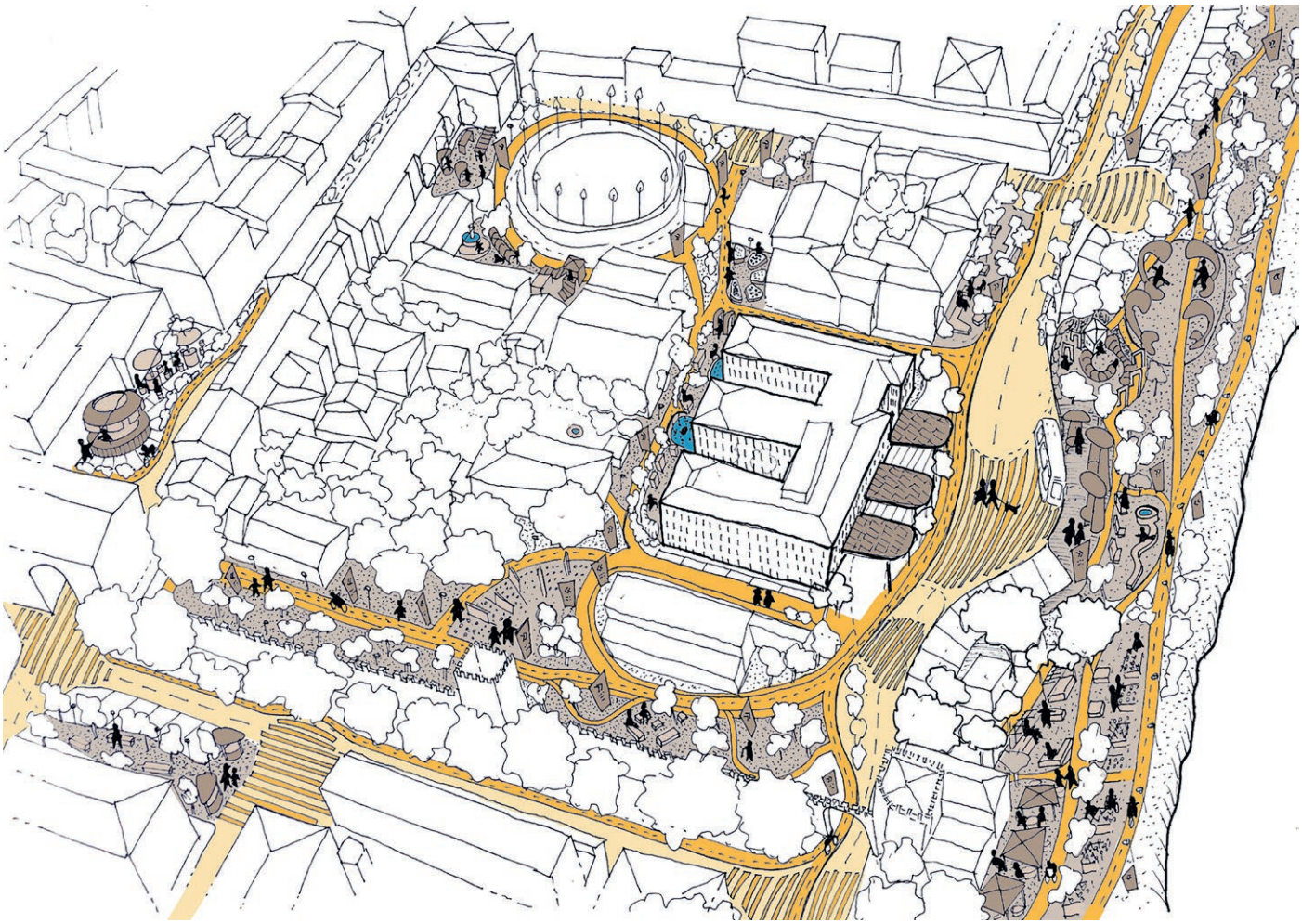
Il valore aggiunto per i beneficiari

La ricerca ha promosso iniziative che avevano lo scopo di trasferire conoscenza e sensibilizzare la platea di beneficiari sul tema dell'*urban health* e sul ruolo che l'ambiente costruito ha nel promuovere stili di vita sani per le persone.

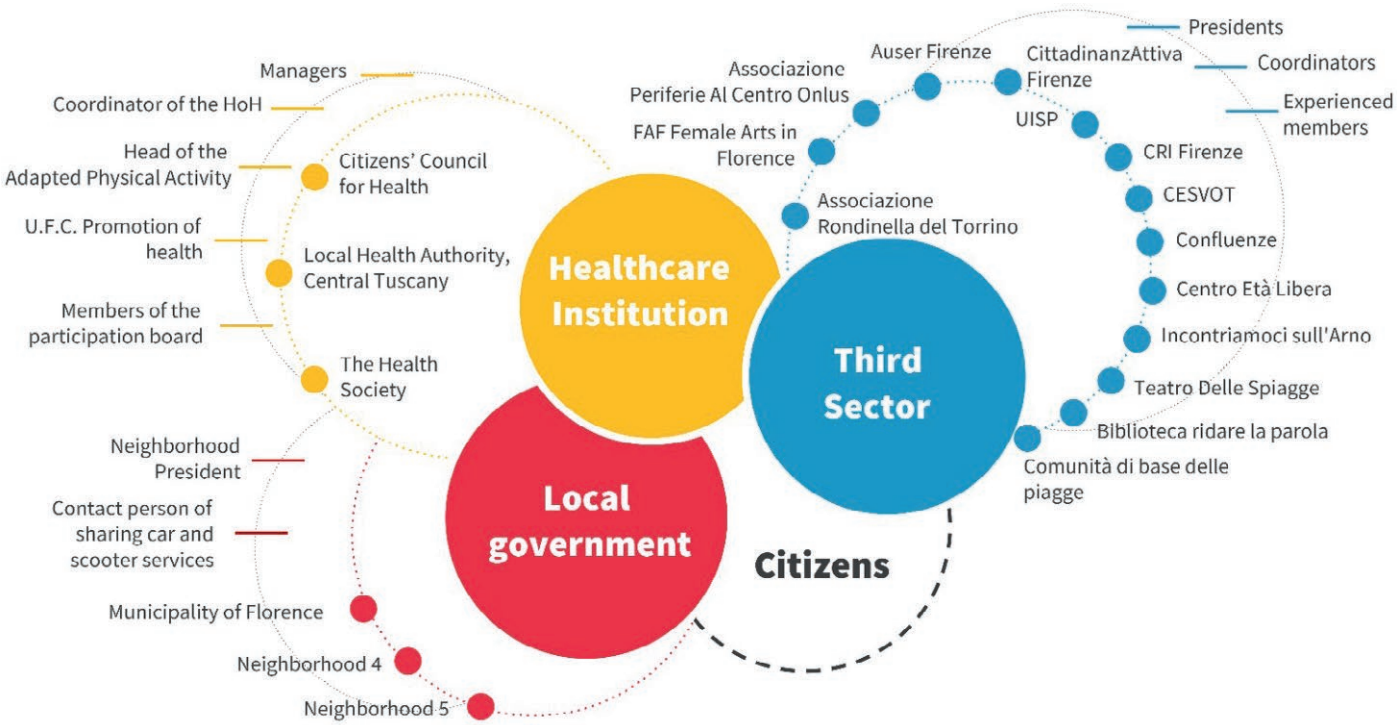
Insieme a istituzioni pubbliche (rappresentanti dei governi pubblici e locali, e del sistema sanitario pubblico locale), terzo settore e cittadini delle due aree caso studio della ricerca (Fig. 4) sono stati svolti 9 *Healthy Lab*, 2 *Open Space Lab*, 29 interviste semi strutturate. A questi si aggiungono varie attività di workshop di co-design interni al gruppo di ricerca ed esterni con gli *stakeholder*, e un *Living Lab* con i cittadini. Gli *Healthy Lab* sono sessioni di un minimo di due e un massimo di quindici partecipanti ciascuna in cui sono stati coinvolti principalmente gli *stakeholder* del sistema sanitario locale, come medici, infermieri, psicologi, specialisti, operatori sanitari e amministratori, con alcuni partecipanti di enti del terzo settore. Gli *Open Space Lab* sono invece workshop collaborativi aperti a tutta la popolazione e ai partner coinvolti.

In ognuno dei *Lab* e delle interviste sono state svolte attività collaborative servendosi di più strumenti utili per fare riflettere i partecipanti sul proprio quartiere individuando punti di forza e di debolezza dell'ambiente costruito e per coinvolgerli nell'identificazione delle possibili soluzioni per migliorare tali spazi. Gli strumenti utilizzati sono: modello concettuale dei sette temi per un quartiere sano, *card sorting*, schede di lavoro per stimolare la collaborazione nei gruppi, e mappe dei quartieri casi studio. Tali strumenti sono stati appositamente progettati dal gruppo di ricerca per facilitare il trasferimento di informazioni

03 |



04 | Mappa degli attori coinvolti all'interno del processo partecipativo e di co-design
Map of the actors involved in the participatory and co-design process



rilevanti per la conoscenza del progetto e per influenzare anche la mentalità dei partecipanti non esperti.
Un altro aspetto della ricerca che contribuisce a creare valore aggiunto per i beneficiari sono i due output della ricerca che si identificano con strategie di progetto e linee guida per il progetto di un quartiere sano[5]. Le Strategie per il progetto di un quartiere sano, redatte in forma narrativa, vogliono mettere in evidenza le azioni e attività da compiere per migliorare l'ambiente costruito in una ottica di salute e intervenire secondo priorità o specifiche esigenze, problematiche o urgenze delle comunità che vivo-

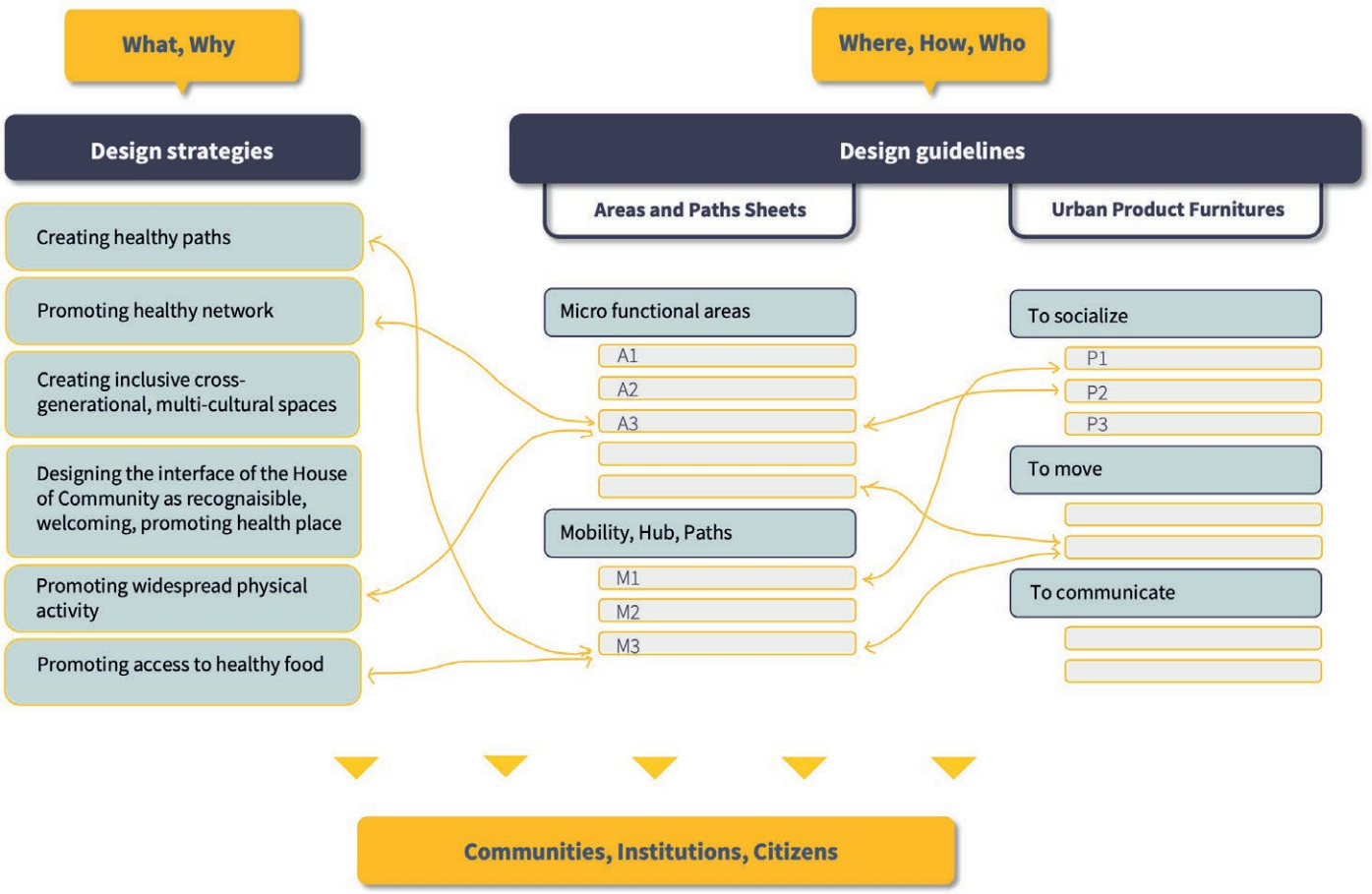
standing between the University, the Municipality, the Società della Salute, and Urban Housing Coop.net[2]. These projects envisage participatory processes aimed at using the new inclusive park[3] that will be built outside the CdC, specific interventions concerning the creation of healthy and safe routes for all, and some activities to improve the spaces for the community inside the CdC in collaboration with the AUSL Toscana Centro.
The impact of knowledge on the territory deriving from research can be documented not only through initiatives to support the needs and requirements of communities, but also through the transfer into the policy dynamics of the built environment. Indeed, the dialogue with the Municipality of Florence has led to the decision to include the conceptual model of the seven HNH themes developed by the research to guide the choices and interventions expressed in the municipal urban planning tools. An example of this is the inclusion, within the report of the Operational Plan, of several paragraphs in which the theme of the healthy neighbourhood is discussed[4]: "Towards a healthy city" in chapter 4 and "Proximity and healthy neighbourhoods" in chapter 7. The chapter "Florence, healthy city" has also been included in the Structural Plan, in which the theme of the CdC and its urban interface are recognised as particular places of identity of the city, as proximity nodes on which to experiment with specific participation processes to identify the areas of intervention and launch experimental calls in each neighbourhood of the city.

The added value for the beneficiaries
The research promoted initiatives that aimed to transfer knowledge and raise awareness among the beneficiaries on the topic of urban health and on the role that the built environment has in promoting healthy lifestyles for people. Together with public institutions (representatives of public and local governments, and of the local public health system), the services sector and citizens of the two case study areas of the research (Fig.v4), 9 Healthy Labs, 2 Open space Labs, 29 semi-structured interviews were carried out. In addition to these, various co-design workshop activities within the research group and externally with stakeholders, and a Living Lab with citizens were also organised. The Healthy Labs are sessions of a minimum of two and a maximum of fifteen participants. Mainly stakeholders of the local health system were involved, such as doctors, nurses, psychologists, specialists, health workers and administrators, with some participants from the services sector entities. The Open space Labs are collaborative workshops open to the entire population and the partners involved.
In each of the Labs and interviews, collaborative activities were carried out using several useful tools to make participants reflect on their own neighbourhood by identifying strengths and weaknesses of the built environment, and to involve them in identifying possible solutions to improve these spaces. The tools used include a conceptual model of the seven themes for a healthy neighbourhood, card sorting, worksheets to stimulate collaboration in the work groups, and maps of the case study neighbourhoods. These tools were specifically designed by the research group to facilitate the transfer of information relevant to the knowl-

05 | Diagramma degli strumenti operativi sviluppati nella ricerca per il trasferimento delle conoscenze
Diagram of the operational tools developed in the research for knowledge transfer

no il quartiere. Le Linee guida, attraverso immagini evocative e requisiti di progetto, hanno l'obiettivo di tradurre in maniera facilmente comprensibile una serie di conoscenze derivanti da un lungo processo scientifico di elaborazione e di acquisizione di informazioni sviluppate durante la ricerca grazie ai contatti con gli *stakeholder* ed alle osservazioni dell'ambiente costruito. Nella costruzione delle linee guida particolare attenzione è stata data ai collegamenti interscalari tra strategie, schede di descrizione di aree e percorsi, schede di prodotti di arredo urbano: ogni elemento di arredo ha un *where*, *what*, *why* cui fa riferimento. Ad esempio, un elemento di arredo per il dialogo multigenerazionale (scheda prodotto P2) può essere collocato in una area di promozione della salute fuori dalla CdC (scheda A3), rispondendo alla strategia 4: "Progettare l'interfaccia della CdC come luogo riconoscibile, accogliente, e di promozione della salute" (Fig. 5).
Tali strumenti di supporto alla progettazione del quartiere sano possono influire in diverso modo sulla programmazione, pianificazione e progettazione dell'ambiente costruito a seconda dei contesti e dei destinatari che li utilizzano. Da una parte i *policy maker* appartenenti alle PA, in particolare Comuni e Aziende Sanitarie possono utilizzare gli strumenti a supporto di processi decisionali: ad esempio come strumento per pianificare gli interventi in fase di programmazione con particolare attenzione alle attività di *briefing* e definizione delle esigenze necessarie per la predisposizione del Documento di Indirizzo alla Progettazione; oppure come strumento in fase progettuale per esplicitare i requisiti di interventi di riqualificazione o nuova costruzione, ad esempio nel Progetto di Fattibilità Tecnico-Economica.
Dall'altra parte i progettisti incaricati dei progetti (direzioni tecniche degli uffici di progettazione e pianificazione delle amministrazioni locali o delle AUSL, liberi professionisti, progettisti, consulenti di comunità locali organizzate in iniziative di co-design) possono utilizzare gli strumenti in fase di redazione di capitolati prestazionali a base di gara, in fase di appalto come allegati nei documenti preliminari alla progettazione, in fase progettuale degli interventi di riqualificazione o di nuova costruzione degli spazi pubblici urbani, nonché nella progettazione di prodotti d'arredo.

05 |



Non da ultimo gli enti di supporto finanziario, come ad esempio le Fondazioni bancarie possono trarre dagli strumenti (in particolare dalle Strategie) dei contenuti per indirizzare bandi ad hoc dedicati al territorio ed alle comunità locali.
Infine, le entità del terzo settore e i gruppi di cittadini informati possono utilizzare gli strumenti a supporto del dialogo nei processi partecipativi che coinvolgono le comunità locali per gli interventi di rigenerazione urbana. Infatti parte degli strumenti è dedicata a delle indicazioni di processo che descrivono come attuare il coinvolgimento della comunità e in quale fase dell'intervento.

Conclusioni e spunti per sviluppi futuri

Progettare un quartiere con una visione che inglobi la salute delle persone a 360° è una operazione cruciale per le PA e allo stesso tempo complessa, soprattutto per i Comuni (Ministero della Salute, 2021), in quanto richiede un approccio spaziale integrato, un coordinamento tra i diversi attori degli interventi e la comprensione delle esigenze della comunità nella loro interezza. Affrontare questa sfida richiede la costruzione di una rete interconnessa, capace di dialogare e di operare in maniera proattiva e condivisa, ai vari livelli, dalle università alle comunità, passando per le istituzioni pubbliche e il terzo settore. Anche la creazione di strumenti operativi capaci di supportare tale processo è condizione necessaria all'attuazione di interventi efficaci e duraturi sull'ambiente costruito e, nel caso specifico, sul quartiere, per il benessere e la salute della comunità.
Sulla base di questa premessa la ricerca HNH è riuscita a creare una rete importante tra i diversi *stakeholder*, portando allo stesso tavolo tanti e diversi attori, trasferendo la conoscenza scientifica consolidata sul tema dell'impatto dell'ambiente costruito sulla salute dei cittadini, sintetizzata nel modello concettuale, e, con un approccio *bottom-up*, ha prodotto output spendibili e utilizzabili come strumenti per produrre ulteriore conoscenza, contribuendo così alla sensibilizzazione della comunità e delle istituzioni pubbliche sotto diversi aspetti. Anche il progetto sviluppato alla meso e micro scala dell'architettura e del design, evocando scenari progettuali e immagini, contribuisce alla sensibilizzazione degli *stakeholder* e mostra come è possibile intervenire in uno spazio conosciuto aprendo una categoria di possibilità.
Possiamo aggiungere che, se da una parte è difficile misurare con indicatori quantitativi un quartiere sano, in quanto le trasformazioni dell'ambiente costruito sono difficili da attuare e richiedono un tempo lungo di realizzazione, con la conseguenza che è difficile misurarne le ricadute sulla salute dei cittadini in termini brevi (Torricelli, 2018), dall'altra parte si apre un varco sempre più percorribile sui micro interventi che riguardano la simulazione in ambiente reale di nuovi prodotti di arredo urbano, pavimentazioni, segnaletica ecc. Questi micro interventi possono costituire, se progettati in una visione di salute integrata all'interno di aree o percorsi definiti, dei dimostratori con i quali gli utenti possono facilmente confrontarsi, e da cui i ricercatori possono trarre riscontri misurabili che attestano miglioramenti o no. In questa direzione vale la pena investire e sviluppare ulteriori progetti di ricerca-innovazione-azione che prevedono un TRL più alto in modo da dimostrare la teoria in ambiente operativo.
In quest'ottica il coinvolgimento delle PMI all'interno del processo di sviluppo di un progetto di ricerca che riguarda l'am-

edge of the project, and to influence the mentality of non-expert participants.
Another aspect of the research that contributes to creating added value for the beneficiaries are the two research outputs, which are identified with project strategies and guidelines for the design of a healthy neighbourhood[5]. The Strategies for the design of a healthy neighbourhood, written in narrative form, aim to highlight the actions and activities to be carried out to improve the built environment from a health perspective, and to intervene according to priorities or specific needs, problems or urgencies of the communities that live in the neighbourhood. The guidelines, through evocative images and project requirements, aim to translate in an easily understandable way the knowledge deriving from a long scientific process of elaboration and acquisition of information developed during the research thanks to contacts with stakeholders and observations of the built environment. In the construction of the guidelines, particular attention was given to the intercalary connections between strategies, description sheets of areas and routes, and sheets of street furniture products. Each piece of furniture refers to a where, what and why. For example, a piece of furniture for multigenerational dialogue (product sheet P2) can be placed in a health promotion area outside the CdC (sheet A3), responding to strategy4: "Design the interface of the CdC as a recognisable, welcoming, and health-promoting place" (Fig. 5).
These tools, which support the design of the healthy neighbourhood, can influence the programming, planning and design of the built environment in different ways, depending on the contexts and recipients who use them. Indeed, policy makers belonging to the PA, in particular Municipalities and Health Authorities, can use the tools to support decision-making processes, e.g. as a tool to plan interventions in the planning phase with particular attention to briefing and definition of requirements necessary for the preparation of the DIP (Documento di Indirizzo alla Progettazione – the document to address design). They can also be used as a tool in the design phase to explicitly state the requirements of redevelopment or new construction interventions, e.g. in the Technical-Economic Feasibility Project.
Designers in charge of the projects (technical directors of the design and planning offices of local administrations or AUSL, freelancers, designers, consultants of local communities organised in co-design initiatives) can also use the tools in the drafting phase of the performance specifications based on the tender, in the procurement phase as attachments in the preliminary design documents, in the design phase of the redevelopment or new construction interventions of urban public spaces, as well as in the design of furniture products. Last but not least, the financial support bodies, such as the banking foundations, can draw from the tools (in particular from the Strategies) contents to direct any ad hoc calls dedicated to the territory and local communities.
Finally, third sector entities and informed citizen groups can use the tools to support dialogue in participatory processes involving local communities for urban regeneration interventions. Part of the tools is dedicated to process indications describing how to imple-

biente costruito è un'intuizione importante, perché consente di implementare gli scenari progettuali, in particolare quelli alla micro scale dei prodotti d'arredo e della comunicazione segnaletica, portando anche alla valorizzazione dei risultati innovativi attraverso il deposito di brevetti.
Infine, le attività di ricerca sul campo, organizzate e portate avanti dai ricercatori dell'Università di Firenze, hanno costruito conoscenze nuove e assunto un valore di *public engagement*, educativo, culturale, di sviluppo e di crescita del territorio in generale e della comunità e delle istituzioni pubbliche e private in particolare. Tra le attività da sviluppare sul territorio a breve termine per rafforzare il *public engagement* e creare rilevanza sul tema del rapporto tra ambiente costruito e salute che vengono richieste *bottom-up*, sono emerse: la realizzazione di un progetto pilota di un percorso sano per poter validare le teorie elaborate dalla ricerca in un contesto rilevante; e l'implementazione di una *health map*, ovvero lo strumento di sintesi che raccoglie gli elementi saluto genici presenti all'interno del quartiere (luoghi, percorsi, servizi valutati come sani alla luce dei risultati emersi nella ricerca HNH), da validare sul territorio con il coinvolgimento della cittadinanza e degli *stakeholder*.

ATTRIBUZIONE E RICONOSCIMENTI

Titolo della ricerca: "Quartieri sani e inclusivi per le comunità della città metropolitana di Firenze. Strategie e scenari progettuali per una città prossima e in salute e per l'invecchiamento attivo della popolazione" finanziata da Fondazione CR Firenze al Dipartimento di Architettura UNIFI nel biennio 2022-2023 con il bando competitivo Ricercatori a Firenze. Responsabili scientifici: Nicoletta Setola (Responsabile Scientifico del progetto e del settore Progettazione tecnologica e ambientale dell'architettura), Alessandra Rinaldi (Responsabile scientifico del settore Design), Valeria Lingua (Responsabile scientifico del settore Urbanistica), Emanuela Morelli (Responsabile scientifico del settore Architettura del Paesaggio). Partner coinvolti: Dipartimento di Architettura UNIFI, Comune di Firenze, Società della Salute Firenze, Azienda USL Toscana Centro, Metalco Group srl.

NOTES

[1] La Casa della Comunità è il modello di struttura socio-sanitaria territoriale definito dalla Riforma sanitaria DM 77/22 che prevede in Toscana la trasformazione delle esistenti Casa della Salute.

[2] Urban Housing Coop.net è un network di soggetti cooperativi e del terzo settore promosso dalla Cooperativa CooperToscana; opera nel campo dell'abitare, inteso come elemento chiave di benessere, inclusione, partecipazione e sostenibilità. https://www.urbanhousingcoop.net/.

[3] Il progetto di un parco inclusivo cui si fa riferimento proposto dal Comune di Firenze è stato finanziato all'interno del programma sperimentale 'Dateci Spazio' (MIT) di cui tratta l'articolo di Baratta e Calcagnini (2024).

[4] Il Piano Operativo e il Piano Strutturale sono in fase di parziale adozione da marzo 2024; in attesa di pubblicazione ufficiale dopo il parere della Conferenza Paesaggistica.

[5] Gli output della ricerca sono stati pubblicati nella collana open access *TESIS. Strumenti per il progetto* nel volume "Progettare un quartiere sano" composto da 4 Quaderni, ognuno dei quali è dedicato ad uno strumento di supporto. Di seguito si fa riferimento al Quaderno 2 "Strategie di progetto per un quartiere sano", e al Quaderno 3 "Schede progettuali per un quartiere sano", entrambi disponibili al link https://didapress.it/collana/tesis-strumenti-per-il-progetto.

REFERENCES

Baratta, A.F.L., and Calcagnini, L. (2024), "Methods and tools to support the Experimental Programme "Dateci spazio"", *TECHNE – Journal of*

ment community involvement and at what stage of the intervention.

Conclusions and insight for future development

Designing a neighbourhood with an all-round vision encompassing people's health is a crucial operation for Pas. It is also complex, especially for Municipalities (Ministry of Health, 2021), as it requires an integrated spatial approach, coordination between the different actors of the interventions, and an understanding of community needs in their entirety. Addressing this challenge requires the construction of an interconnected network capable of dialoguing and operating in a proactive and shared manner, at various levels, from universities to communities, through public institutions and the third sector. The creation of operational tools capable of supporting this process is also a necessary condition for the implementation of effective and long-lasting interventions on the built environment and, in this specific case, on the neighbourhood, for the well-being and health of the community. Based on this premise, HNH research has managed to create an important network between the different stakeholders, bringing many different actors to the same table, transferring consolidated scientific knowledge on the theme of the impact of the built environment on the health of citizens, summarised in the conceptual framework, and, with a bottom-up approach, it has produced spendable outputs. These can be used as tools to produce further knowledge, thus contributing to raising awareness of the community and public institutions under different aspects. The project developed at the meso and micro scale of architecture and design, evoking design scenarios and images, also contributes to raising awareness of stakeholders. It shows how it is possible to intervene in a known space by opening a category of possibilities.
We can add that, though it is difficult to measure a healthy neighbourhood with quantitative indicators, as the transformations of the built environment are difficult to implement and require a long time to be realised, with the consequence that it is difficult to measure the impact on the health of citizens in short terms (Torricelli, 2018), an increasingly passable gap is opening up on micro interventions concerning the simulation in a real environment of new street furniture products, paving, signage, etc. If designed with a vision of integrated health within defined areas or paths, these micro interventions can be the demonstrators with which users can easily compare themselves, and from which researchers can draw measurable feedback attesting to improvements or not. With this in mind, it is worth investing in and developing further research-innovation-action projects with a higher TRL in order to prove the theory in an operational environment.
In this perspective, the involvement of SMEs in the development process of a research project concerning the built environment is an important intuition because it allows the implementation of design scenarios, in particular those at the micro scale of furnishing products and signage communication, also leading to the value enhancement of innovative results through the filing of patents.
Finally, the field research activities, organised and carried out by researchers at the University of Florence, have

Technology for Architecture and Environment, Vol.28, pp. 280-288. Available at: https://doi.org/10.36253/techne-15852 (Accessed on 24/02/2025).

Barton, H. and Grant, M. (2006), "A health map for the local human habitat", *Journal of the Royal Society for the Promotion of Health*, Vol. 126, n.6, pp. 252–253. Available at: https://doi.org/10.1177/1466424006070466 (Accessed on 24/02/2025).

Brambilla, M. e Maciocco G. (2022), *Dalle Case della Salute alle Case della Comunità. La sfida del PNRR per la sanità territoriale*, Carrocci editore, Roma.

Busciantella-Ricci, D., Macchi, A., Viviani, S. and Rinaldi, A. (2024), "Healthy and Inclusive Neighbourhoods: A Design Research Toolkit for the Promotion of Healthy Behaviours", *Sustainability*, Vol.16, n. 7:3059, pp. 1-35. Available at: https://doi.org/10.3390/su16073059 (Accessed on 24/02/2025).

Fokkinga, S., Desmet, P. and Hekkert, P. (2020), "Impact-centered design: Introducing an integrated framework of the psychological and behavioral effects of design", *International Journal of Design*, Vol. 14, n. 3, pp. 97-116. Available at: http://www.ijdesign.org/index.php/IJDesign/article/view/3869 (Accessed on 24/02/2025).

Hanington, B., and Martin, B. (2019), *Universal methods of design expanded and revised: 125 Ways to research complex problems, develop innovative ideas, and design effective solutions*, Rockport publishers, Beverly, MA.

Macchi, A., Busciantella-Ricci, D., Caruso, E. and Setola, N. (2024), "Healthy Neighbourhoods Hub (HNH) Framework: A Practical Guide for Fostering Healthy and Inclusive Living in Florence's Urban Environment", *Sustainability*, Vol. 16, n.11:4423, pp.1-32. Available at: https://doi.org/10.3390/su16114423 (Accessed on 24/02/2025).

Ministero della Salute (2021), *Documento di indirizzo per la pianificazione urbana in un'ottica di Salute Pubblica*, documento a cura del "Tavolo di lavoro su Città e Salute (Urban Health)" presieduto dal Direttore Generale della Prevenzione Sanitaria del Ministero della Salute. Available at: https://www.salute.gov.it/imgs/C_17_pubblicazioni_3125_allegato.pdf (Accessed on 24/02/2025).

Rinaldi, A., Viviani, S. and Busciantella-Ricci, D. (2025), "Urban Furniture Design Strategies to Build Healthy and Inclusive Neighborhoods", *Sustainability*, Vol. 17, n.3:859, pp. 1-39. Available at: https://doi.org/10.3390/su17030859 (Accessed on 24/02/2025).

Roy, R. and Warren, J. P. (2019), "Card-based design tools – A review and analysis of 155 card decks for designers and designing", *Design Studies*, Vol. 63, pp. 125-154. Available at: https://doi.org/10.1016/j.destud.2019.04.002 [Accessed 12/05/2025].

Setola, N. and Rinaldi, A. (a cura di) (2024) *Progettare un Quartiere Sano. Quaderno 2: Strategie di progetto per un quartiere sano*, Didapress, Firenze. Available at: https://didapress.it/pubblicazione/progettare-un-quartiere-sano-strategie-di-progetto-per-un-quartiere-sano (Accessed on 24/02/2025).

Torricelli, MC (2018), "Healthy City – Healthy Settings Planning. Tra contributo disciplinare e interdisciplinarità", *Ecoweb Town*, n.18. Available at: http://www.ecowebtown.it/n_18/18_04.html (Accessed on 24/02/2025).

WHO-UNHabitat (2016), *Global Report on Urban Health: Equitable Healthier Cities for Sustainable Development*, World Health Organization, Geneva, Switzerland.

built new knowledge and taken on a value of public engagement, education, culture, development and growth of the territory in general, and of the community and public and private institutions, in particular.

The following emerged Among the activities to be developed in the area in the short term to strengthen public engagement and create relevance on the issue of the relationship between the built environment and health that are requested bottom up, precisely the implementation of a pilot project of a healthy pathway to validate the theories that emerged from the research in a relevant context; the implementation of a *health map*, i.e. the summary tool that collects the health-generating elements present in the neighbourhood (places, paths, services assessed as healthy in the light of the results of the HNH research), to be validated in the area by involving citizens and stakeholders.

ACKNOWLEDGEMENTS

Research title: "Healthy and inclusive neighbourhoods for the communities of the metropolitan city of Florence. Design strategies and scenarios for a healthy and proximate city and for the active ageing of the population" funded by Fondazione CR Firenze at the Department of Architecture UNIFI in the two-year period 2022-2023 with the competitive call "Ricercatori a Firenze". Scientific managers: Nicoletta Setola (Scientific Manager of the project and of the Technological and environmental design of architecture area), Alessandra Rinaldi (Scientific Manager of the Design area, Valeria Lingua (Scientific Manager of the Urban planning area), Emanuela Morelli (Scientific Manager of the Landscape Architecture area). Subjects involved: Department of Architecture UNIFI, Municipality of Florence, Società della Salute Firenze, Azienda USL Toscana Centro, Metalco Group.

NOTES

[1] The House of Community is the model of territorial socio-health structure defined by the health reform Ministerial Decree 77/22, which provides for the transformation of the existing Casa della Salute in Tuscany.

[2] Urban Housing Coop.net is a network of cooperative and third sector entities promoted by Cooperativa CooperToscana. It operates in the field of housing, understood as a key element of well-being, inclusion, participation and sustainability. https://www.urbanhousingcoop.net/.

[3] The project of the inclusive park mentioned, proposed by the Municipality of Florence, was financed within the experimental programme 'Dateci Spazio' (MIT), which is discussed in the article by Baratta and Calcagnini (2024).

[4] The Operational Plan and the Structural Plan are in the process of partial adoption since March 2024, awaiting official publication after the opinion of the Landscape Conference.

[5] The research outputs have been published in the open access series "TESIS. Strumenti per il Progetto" in the volume "Progettare un quartiere sano" comprising 4 Notebooks, each of which is dedicated to a support tool. Here we refer to Notebook 2 "Project strategies for a healthy neighbourhood", and Notebook 3 "Project sheets for a healthy neighbourhood", both available at the link https://didapress.it/collana/tesis-strumenti-per-il-progetto.

Disegnare processi complessi: accesso informativo e inclusione nell'*Urban Housing* Coop.net

Arianna Camellato, https://orcid.org/0009-0004-9625-7528 arianna.camellato@unifi.it
Maria De Santis, https://orcid.org/0000-0001-9923-1340 maria.desantis@unifi.it
Dipartimento di Architettura, Università degli Studi di Firenze, Italia

Abstract. L'evoluzione dall'*Housing* Sociale all'*Urban Housing* spinge a un ripensamento delle relazioni tra abitanti, spazi e servizi. Nell'attuale contesto di frammentazione della coesione sociale, guardare all'abitare come un sistema integrato di fattori sociali, economici e culturali, mette in luce il ruolo centrale della partecipazione degli abitanti e del dialogo proficuo tra tutti i soggetti coinvolti. La ricerca propone quindi un approccio basato su ricerca-azione e prototipazione collettiva per lo sviluppo di strumenti visuali abili a migliorare l'efficacia della partecipazione, l'accesso informativo e l'inclusione nelle reti sociali complesse, consentendo di ricomporre i saperi e fare rete tra le parti interessate.

Parole chiave: Narrativa visuale; Accessibilità; Traduzione della ricerca; Partecipazione; *Community-driven* design.

Dall'*Housing* Sociale all'*Urban Housing*

L'Agenda 2030 sullo Sviluppo Sostenibile (Nazioni Unite, 2015) con i suoi obiettivi ha definito la strada da intraprendere per esplorare nuove conoscenze e puntare su nuovi orizzonti per la sostenibilità ambientale e l'equità sociale. Nell'ambito della filiera della conoscenza l'alleanza sviluppatasi tra il mondo della ricerca universitaria e le diverse parti che compongono la società civile è diventata non solo un impegno doveroso ma anche necessario per costruire nuove reti di conoscenza, attraverso il partenariato pubblico-privato, per rendere concreto il tema dell'inclusione e superare i conflitti e le disuguaglianze sociali.

Negli ultimi anni l'Europa ha evidenziato il carattere e la portata del disagio abitativo come questione sociale (Parlamento Europeo, 2021) che richiede analisi e risposte multidimensionali in grado di cogliere tutti gli aspetti, fisici e immateriali, della variegata gamma di bisogni nelle diverse fasce di popolazione.

Come ha sottolineato il commissario europeo Nicolas Schmit «l'edilizia abitativa non è solo una questione di mattoni e malta» (European Commission, 2024). A partire dall'esperienza pandemica il gruppo di ricerca del Dipartimento di Architettura di Firenze ha avviato un proficuo dialogo di collaborazione con le parti interessate[1] coinvolte nei processi di realizzazione dell'Housing Sociale in Toscana segnato, negli ultimi anni, dalla progressiva crescita di un programma di azioni di ricerca, partecipazione a bandi di finanziamento e a eventi di disseminazione svolti in partenariato (De Santis, 2022).

Uno dei primi rapporti del Comitato di Coordinamento Europeo per l'Abitare Sociale evidenzia, come caratteristica speciale dell'*Housing* Sociale, la natura particolare del rapporto tra fornitore e utente con il coinvolgimento delle famiglie beneficiarie sia nella gestione del servizio che nel funzionamento dell'azienda che fornisce il servizio (Housing Europe, 2011).

A questo si aggiunge l'interesse crescente per politiche di *welfare* abitativo incentrate sull'*affordable* (Housing Europe, 2021) – nell'accezione di accessibile, sostenibile, affidabile, efficiente e vantaggioso – per promuovere lo sviluppo dell'*Housing* Sociale in Urban Housing, con l'integrazione di servizi nelle dimensioni urbane dell'abitare, del *welfare* e della cultura (De Santis e Gregori, 2023). Non è possibile infatti prendersi cura delle città, rigenerandole, se prima non costruiamo una rete di comunità coese (De Santis *et al.,* 2015) che abitano le città e se ne prendono cura. Far nascere comunità coese che abitano la città significa creare l'infrastruttura di un sistema di rapporti tra i cittadini-abitanti e tra questi e gli spazi e i servizi urbani e di prossimità, tra i quali il primo e più essenziale è senz'altro quello abitativo.

Drawing complex processes: informative access and inclusion in Urban Housing Coop.net

Abstract. The evolution from Social Housing to Urban Housing prompts rethinking of the relationships between inhabitants, spaces, and services. In the current context of fragmented social cohesion, viewing housing as an integrated system of social, economic, and cultural factors highlights the central role of inhabitants' participation and fruitful dialogue among all stakeholders. The research, therefore, proposes an approach based on action-research and collective prototyping for the development of visual tools capable of improving the effectiveness of participation, information access, and inclusion in complex social networks, enabling the recomposition of knowledge and networking among stakeholders.

Keywords: Visual narrative; Accessibility; Research translation; Participation; Community-driven design.

From Social Housing to Urban Housing

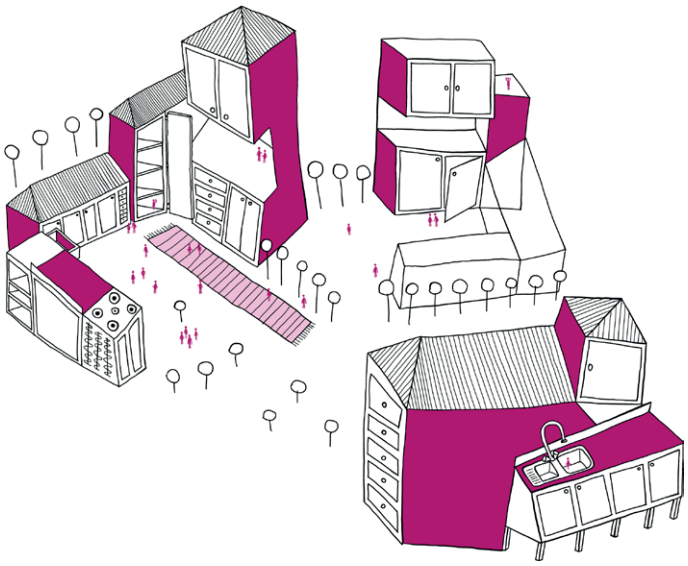
With its goals, the 2030 Agenda for Sustainable Development (United Nations, 2015) has defined the path to explore new knowledge and aim for new horizons in environmental sustainability and social equity. In the knowledge supply chain, the alliance that has developed between university research and the various components of civil society has become both a duty and a necessity to build new knowledge networks through public-private partnerships to concretise the theme of inclusion and overcome conflicts and social inequalities.

In recent years, Europe has underscored the character and scope of housing discomfort as a social issue (European Parliament, 2021) that requires multidimensional analyses and responses capable of capturing all physical and immaterial aspects of the diverse needs across different population groups. As European Commissioner Nicolas Schmit emphasised, «housing is not just a matter of bricks and mortar» (European Commission, 2024). Starting from the experience of the pandemic, the research group of the Department of Architecture at the University of Florence has initiated a fruitful collaborative dialogue with stakeholders involved[1] in the processes of creating Social Housing in Tuscany. In recent years, the progressive growth of an action-research programme, participation in funding calls, and dissemination events carried out in partnership marked this dialogue (De Santis, 2022).

One of the first reports from the European Coordination Committee for Social Housing highlights the unique nature of the relationship between

ISSN online: 2239-0243 | © 2025 Author(s) | http://www.fupress.com/techne | DOI: 10.36253/techne-17398
Open access, peer-reviewed article published by Firenze University Press (https://www.fupress.com) and distributed, except where otherwise noted, under the terms of the CC BY 4.0 License for content and CC0 1.0 Universal for metadata

01 | 'Cucine-città' rappresenta la natura ibrida e complessa delle relazioni che intercorrono tra le persone, gli spazi dell'abitare e la città, immagine di Arianna Camellato
'Cucine-città' represents the hybrid and complex nature of the relationships between people, living spaces, and the city, image by Arianna Camellato



Il programma di azioni della ricerca si pone gli obiettivi di: individuare gli strumenti e le soluzioni più idonee per costruire e trasferire proposte di intervento tali da promuovere i cambiamenti necessari; costruire la base di una comunità di pratiche che condivide linguaggi, strumenti di analisi, modalità di reazione e risposta alle disuguaglianze.

Abitare tra Relazioni Sociali e Accessibilità informativa

La transizione dall'*Housing* Sociale all'*Urban Housing* implica una gestione più complessa delle dinamiche sociali e spaziali. In entrambe le scale è centrale l'aspirazione alla "comunità", che Marco Aime, citando Weber, definisce come un'entità intermedia tra la famiglia e la società, aggregata attorno a spazi e pratiche condivise, in base a un senso di appartenenza riconosciuto dai partecipanti (Aime, 2019). L'abitazione è il luogo in cui si struttura un nucleo sociale (Fig. 1) e il bisogno di aggregazione e supporto reciproco è l'elemento strutturale nella costituzione delle comunità, subordinato solo, per l'individuo, ai bisogni primari di sopravvivenza (Friedman, 2009). L'accesso all'abitare, tuttavia, si distribuisce in maniera disomogenea tra diverse categorie sociali, con implicazioni su questioni di accessibilità, inclusione e sostenibilità. Inoltre, la trasformazione delle strutture produttive e l'urbanizzazione hanno ridefinito i modelli di coesione sociale: l'espansione delle città ha reso meno leggibile l'ambiente urbano, la separazione tra lavoro e vita domestica ha modificato le dinamiche familiari e comunitarie, e la digitalizzazione ha prodotto forme di partecipazione spesso più simboliche che effettive (Aime, 2019).
Queste trasformazioni pongono nuove sfide alla capacità di creare legami stabili tra le persone, rendendo necessario ripensare il ruolo dei servizi, degli spazi condivisi e delle dinamiche partecipative nei progetti abitativi. Non a caso emerge una nuova attenzione verso le comunità intenzionali, gruppi che, anche senza legami familiari, scelgono di coabitare per obiettivi comuni di sostenibilità ambientale, sociale ed economica. Si tratta di esperienze in totale assenza di un riconoscimento giuridico e di un contesto favorevole alla loro crescita.
In Italia, l'*Housing* Sociale rappresenta la soluzione intermedia tra l'edilizia popolare e il mercato immobiliare privato, offre alloggi a prezzi calmierati e servizi integrati, si distingue da queste esperienze per questioni legate alla natura delle relazioni. La scarsa diffusione del modello ha infatti limitato la consapevolezza istituzionale e dei cittadini, che tendono ad accedervi per motivazioni economiche piuttosto che di adesione a un progetto comunitario. Tale differenza con le comunità intenzionali caratterizzate da capacità di autorganizzazione e autosostentamento, intimamente connesse a una progettualità condivisa, è centrale: il successo delle forme di abitare condiviso dipende

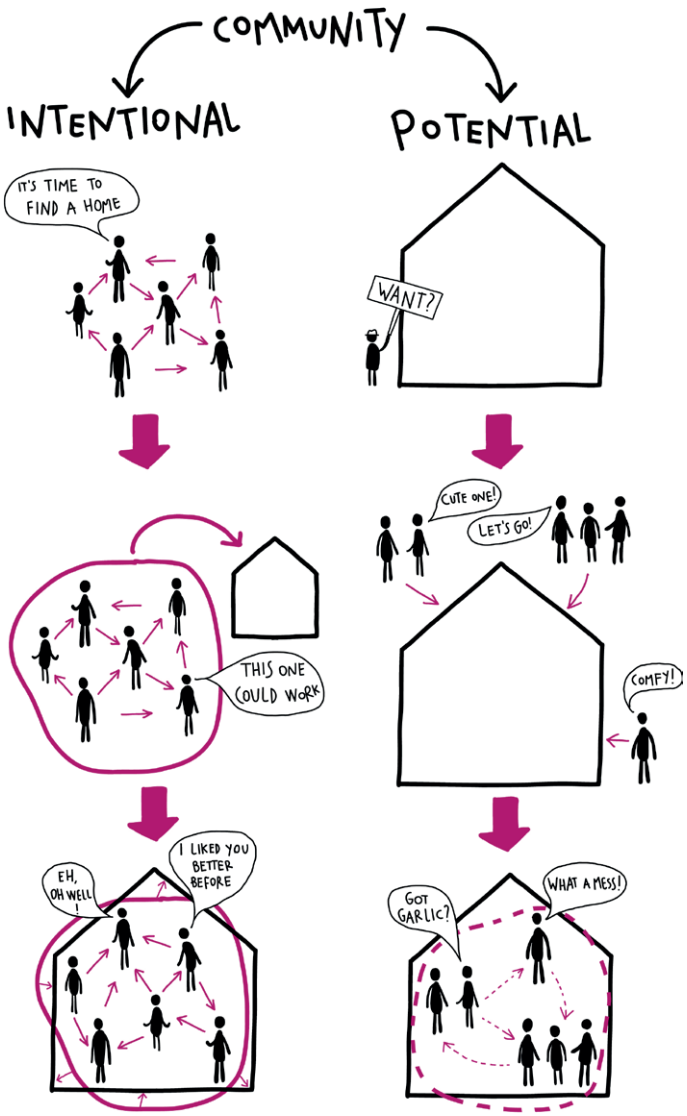
provider and user, which involves beneficiary families in both service management and the operational functions of the service-providing entity, as a distinctive feature of Social Housing (Housing Europe, 2011).
Additionally, there is a growing interest in housing welfare policies focused on affordability (Housing Europe, 2021) – understood as accessible, sustainable, reliable, efficient, and advantageous – to foster the development of Social Housing within Urban Housing, integrating services within the urban dimensions of living, welfare, and culture (De Santis and Gregori, 2023). Indeed, it is impossible to regenerate cities if we do not first build a network of cohesive communities (De Santis *et al.*, 2015) that inhabit towns and take care of them. Creating such communities requires building the infrastructure of a system of relationships between citizen-residents and between them and urban and proximity spaces and services. The first and most essential of these is undoubtedly housing.
The action-research programme includes the following objectives, precisely to identify the most suitable tools and solutions to build and transfer intervention proposals that promote the necessary changes; to create the foundation of a community of practices that shares languages, analysis tools, modes of reaction, and responses to inequalities.

Housing between Social Relationships and Information Accessibility

The transition from Social Housing to Urban Housing implies a more complex management of social and spatial dynamics. A central element at both scales is the aspiration to "community", which Marco Aime, quoting Weber, defines as an intermediate entity between family and society, aggregated around shared spaces and practices, based on a sense of belonging recognised by participants (Aime, 2019). Housing is where a social nucleus is structured (Fig. 1), and the necessity for aggregation and mutual support is the structural element in the constitution of communities, subordinate only, for the individual, to the primary needs of survival (Friedman, 2009). However, housing access is unevenly distributed among different social categories, with implications for issues of accessibility, inclusion, and sustainability. Moreover, the transformation of productive structures and urbanisation has redefined models of social cohesion. The expansion of cities has made the urban environment less legible, the separation between work and domestic life has modified family and community dynamics, and digitalisation has produced forms of participation that are often more symbolic than practical (Aime, 2019).
These transformations pose new challenges to creating stable bonds between people, making it necessary to rethink the role of services, shared spaces, and participatory dynamics in housing projects. Not surprisingly, new attention is emerging towards intentional communities, groups that, even without family links, choose to cohabit for common environmental, social, and economic sustainability goals. These experiences lack legal recognition and exist without a context favourable to their growth.
Social Housing in Italy is an intermediate solution between public housing and the private real estate market, offering housing at controlled prices and integrated services. It stands out from

02 | La diversa natura delle tipologie di comunità: in un caso le relazioni sono componente fondante, mentre nell'altro si sviluppano in una fase successiva, richiedendo maggior sforzo, immagine di Arianna Camellato

The different nature of the community typologies: in one case, relationships are a founding component, while in the other, they only develop at a later stage, requiring more significant effort, image by Arianna Camellato



dalla qualità degli spazi e delle risorse disponibili, ma anche da un approccio culturale e metodologico, che attivi e responsabilizzi gli abitanti nel lungo termine (Fig. 2).
Il ruolo dell'architetto, tradizionalmente focalizzato sulla progettazione e gestione degli spazi, ha dedicato poca attenzione alla possibilità di facilitare le relazioni tra spazio e abitanti. Una prospettiva alternativa è quella dell'architetto come consulente (Friedman, 2003), che mette le proprie competenze al servizio degli abitanti, riconoscendoli come protagonisti del processo progettuale. Questa revisione dell'approccio esigenziale-prestazionale favorirebbe strategie capaci di rafforzare il senso di appartenenza e la cura del contesto abitativo, migliorando la coesione sociale e riducendo il rischio di degrado o abbandono precoce degli spazi condivisi (Fig. 3).
Guardando a un caso concreto, il modello del Fondo Housing Toscano prevede, con coordinamento del Gestore Sociale Abitare Toscana, il network Urban Housing Coop-net che, mettendo in rete servizi, iniziative e risorse, ha la capacità di creare bacini di utenza per realizzare un'economia di scala con il mondo del terzo settore radicato nel territorio e quindi garanzia di sostenibilità di lungo periodo.
Tuttavia, una criticità ricorrente è la scarsa consapevolezza degli inquilini rispetto al contesto abitativo, poiché nei casi finora attivati i soggetti facilitanti sono intervenuti solo a utenza insediata. Un caso che punta invece a distinguersi è quello del futuro Housing Sociale di Borgo San Martino a Pisa, nato in un'ex area militare dismessa incastonata nel centro storico. Nei trent'anni di dismissione dell'area, per i cittadini è stato quasi impossibile accedere alle informazioni relative alla tortuosa gestione nazionale della riqualificazione dei beni demaniali av-

these experiences for issues related to the nature of relationships. The limited diffusion of this model has resulted in restricted awareness among institutions and citizens, with a tendency to access it for economic reasons rather than for adherence to a community project. The difference from intentional communities, which are characterised by their self-organisation and self-sufficiency, intimately connected to shared design, is fundamental. The success of shared living forms depends not only on the quality of spaces and available resources but also on a precise cultural and methodological approach, favouring inhabitants' activation and empowerment in the long term (Fig. 2).
The architect's role, traditionally focused on designing and managing spaces, has dedicated little attention to the possibility of facilitating relationships between space and residents. An alternative perspective considers the architect as a consultant (Friedman, 2003) who puts their skills at the residents' service, recognising them as protagonists of the design process. This reinterpretation of the need-performance approach would favour strategies that strengthen the living context's sense of belonging and care, improve social cohesion, and reduce the risk of degradation or premature abandonment of shared spaces (Fig. 3).
Looking at a concrete case, the model of the Tuscan Housing Fund, coordinated by the Social Manager Abitare Toscana, includes the Urban Housing Coop-net network. By connecting services, initiatives, and resources, this network can create user bases that enable economies of scale in collaboration with the third sector, which is deeply rooted in the local context and thus ensures long-term sustainability. However, a recurring criticality is the low awareness of tenants regarding the living context, as in the cases activated so far. Facilitators have only intervened after occupancy. A notable case study is the future Social Housing of Borgo San Martino in Pisa, under development in a former disused military area in the city's historic centre. During the thirty years of the area's disuse, it was almost impossible for citizens to access information related to the tortuous national management of the redevelopment of state-owned assets initiated after the abolition of military conscription (Gastaldi and Camerin, 2019). These gaps led to a collective perception of the area as a denied space. Despite the recovery plan's provisions for activating various services and a pertinent park for public use, the project has encountered significant opposition from the local community[2]. This case demonstrates that «the establishment of limits in creating new communities frequently gives rise to conflicts of interest, divergences of opinion, and governance problems» (Mecca, 2023), compromising the success of inclusive and effective Urban Housing.

Seeing information

The research develops tools that can be used throughout the entire building process to improve participants' access to information. This, in turn, should facilitate the (re)creation of urban communities and improve the management of inhabited spaces, thereby preventing or reducing conflicts.
The central research hypothesis is that cognitive accessibility is essential to access design activism and promote citizen-residents' active participation. Participatory pathways must be con-

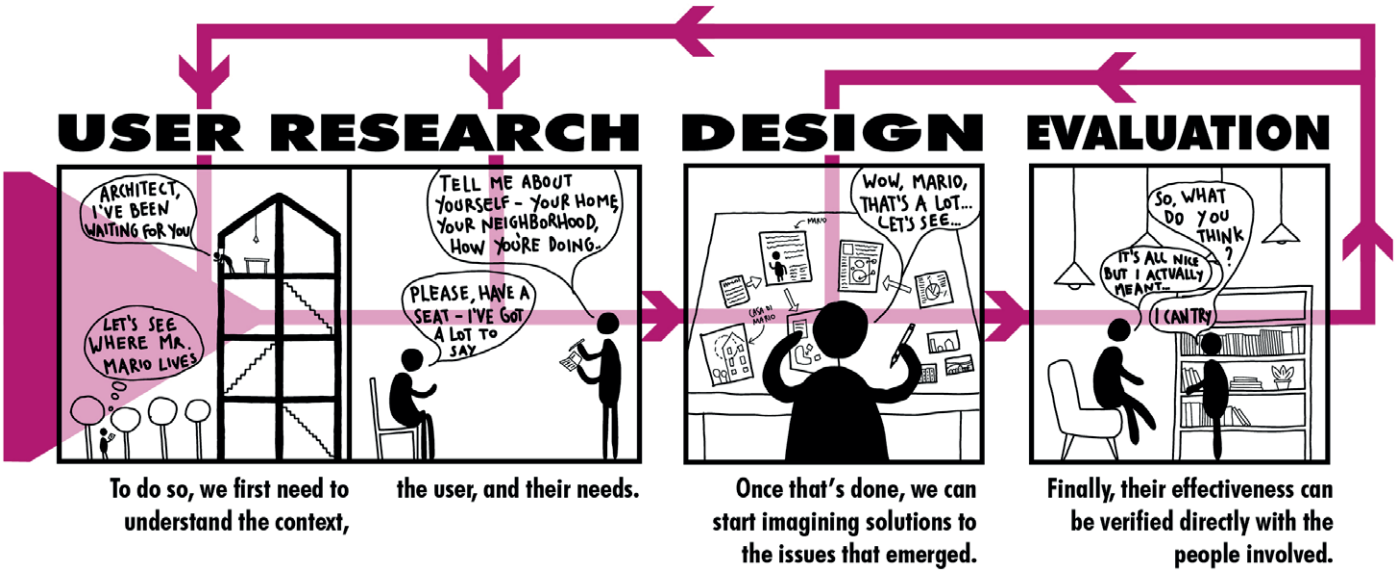
03 | Lo sviluppo del processo progettuale centrato sull'utente (user-centered-design), immagine di Arianna Camellato
The development of the user-centred design process, image by Arianna Camellato

viata dopo l'abolizione della leva militare (Gastaldi and Camerin, 2019). La conseguenza è che nella percezione collettiva lo spazio si configura come un'area negata e nonostante il piano di recupero preveda l'attivazione di numerosi servizi e un parco pertinenziale a uso pubblico, il progetto ha incontrato forti resistenze da parte della comunità locale[2]. Il caso evidenzia come «la definizione dei limiti nella creazione di nuove comunità è spesso oggetto di conflitti di interessi, divergenze di opinioni e problemi di *governance*» (Mecca, 2023) che possono compromettere la riuscita di un *Urban Housing* inclusivo e efficace.

Visualizzare le informazioni

Per facilitare la (ri)creazione di comunità urbane e migliorare la gestione degli spazi abitati, prevenendo o riducendo i conflitti, la ricerca sviluppa strumenti che accompagnano l'intero processo edilizio, migliorando l'accesso alle informazioni per i partecipanti.
L'ipotesi centrale è che l'accessibilità cognitiva sia essenziale per accedere all'attivismo progettuale e favorire la partecipazione attiva dei cittadini-abitanti. I percorsi partecipativi devono quindi essere costruiti con le persone per raggiungere il livello più alto della scala della partecipazione (Arnstein, 1969) e generare esiti coerenti con il contesto. Per rendere il processo efficace, la ricerca esplora una semiotica adatta alla narrazione di processi complessi, identificando nel fumetto uno strumento particolarmente idoneo. La combinazione di linguaggio visivo e narrativo consente di tradurre informazioni complesse in contenuti accessibili, riducendo le barriere cognitive e linguistiche tipiche della comunicazione istituzionale e tecnica. L'integrazione di immagini e testo facilita la comprensione delle dinamiche abitative, delle responsabilità condivise e delle opportunità di partecipazione.
Il tema della trasmissione visiva delle informazioni è ampiamente dibattuto in "Notizie visive. La comunicazione ai tempi della *visual culture*", dove si evidenzia come le immagini soddisfano il desiderio di partecipazione e identificazione del pubblico (Neri, 2021). Oggi, l'informazione visiva ha un ruolo primario rispetto al testo, che spesso l'accompagna solo per facilitarne la lettura (Goldsmith, 1983). Nel campo dell'architettura, il fumetto è stato proposto come strumento efficace, specialmente per promuovere l'autonomia pratica e progettuale degli abitanti. Un esempio è il suo utilizzo nei manuali illustrati per l'autocostruzione (Friedman and Bocco, 2017) o per la percezione della città (Lo Bocchiaro, 2008). A livello teorico l'architetto e studioso Manfredo Massironi ha analizzato il disegno in relazione alla comunicazione, evidenziando le peculiarità della notazione grafica e del linguaggio verbale, elementi che nel fumetto si ibridano. La notazione grafica è orientata alla trasmissione di informazioni per facilitare l'interazione con il mondo degli oggetti, mentre il linguaggio verbale regola i rapporti sociali. Inoltre, l'immagine richiede un apprendimento meno strutturato rispetto alla lingua scritta, rendendola più accessibile. Diversamente dal linguaggio verbale, la notazione grafica ha una relazione mimetica tra segno e significato e si adatta flessibilmente ai contesti comunicativi. D'altra parte il carattere esclusivamente assertivo dell'immagine, che opera per oggetti anziché concetti, ne riduce il rischio di ambiguità (Massironi, 1982).

| 03



Il metodo di realizzazione degli strumenti

Il metodo adottato si basa su un approccio di "ricerca-azione" combinato con la "prototipazione collettiva". Questo approccio, convinti che non si possa comprendere una situazione senza provare a cambiarla (Lewin, 1980) si differenzia dai modelli *top-down*, caratterizzati da una distanza dalle problematiche, privilegiando un processo collaborativo e d'intervento, in cui l'oggetto di ricerca è radicato nella situazione reale e in cui i protagonisti stessi partecipano attivamente, anche alla costruzione delle soluzioni.

La metodologia è sperimentata in due casi studio: Lumen e l'Urban Housing Coop.net. Il primo, un progetto di Rigenerazione a base culturale, è il caso d'innesco della ricerca e ha concesso di apportare migliorie rispetto alle difficoltà nella condivisione di informazioni, sia con la cittadinanza che all'interno del gruppo di lavoro più attivo, ma soprattutto di sperimentare soluzioni coerenti alla missione di condivisione trasparente delle competenze del progetto (Camellato, 2023; Camellato, 2024). Il secondo caso, è una rete promossa dalla Cooperativa CooperToscana, composta da soggetti cooperativi e del terzo settore, impegnati nell'abitare. Nonostante la diversa natura, i casi confermano il bisogno di strumenti di comunicazione a supporto di reti sociali complesse, dove interagiscono attori con linguaggi e modalità operative diversificate.

Il metodo di realizzazione degli elaborati può essere descritto in sei fasi:

- Identificazione e analisi del problema; individuazione delle difficoltà comunicative esistenti.
- Mappatura degli attori chiave; identificazione dei principali soggetti coinvolti e creazione di una prima mappa della struttura di relazioni e dei contatti, utile per comprendere ruoli e interazioni.
- Raccolta e analisi dei dati; raccolta di dati documentali (contratti, progetti, rassegne stampa). I materiali sono studiati per ricostruire la cronologia degli eventi e procedere con la selezione dei dati più significativi.
- Verifica attraverso interviste; validazione attraverso interviste non strutturate con attori chiave, come le associazioni del Terzo Settore, per il ruolo di mediazione tra cittadini e istituzioni.
- Prototipazione degli strumenti; produzione degli strumenti visuali che vengono poi sottoposti agli stessi intervistati per verificarne la coerenza e l'efficacia comunicativa. I *feedback* ricevuti consentono di affinare le rappresentazioni.
- Applicazione e iterazione; si utilizzano gli strumenti nei processi di partecipazione con i cittadini. L'uso sul campo permette di raccogliere nuovi *feedback*, aggiornare gli elaborati e rendere il processo più inclusivo, in cui i partecipanti contribuiscono attivamente alla scrittura della storia e alla valutazione del progetto.

Il metodo adottato articola la prototipazione in due cicli principali: prima, il confronto con i soggetti di intermediazione; successivamente, elaborati i primi strumenti visuali, questi vengono utilizzati anche con gli abitanti. I *feedback* raccolti da questi ultimi alimentano un processo di revisione continua, rendendo gli strumenti costantemente modificabili e adattabili.

Nel caso dell'*Urban Housing*, la produzione degli strumenti si trova nella fase di consolidamento in dialogo con i soggetti intermedi. In un secondo momento tali strumenti verranno condivisi e testati con gli abitanti fino alla conclusione dell'intervento edilizio e alla messa a regime dei servizi.

structed in collaboration with people to reach the highest level on the participation ladder (Arnstein, 1969) and generate outcomes congruent with the context. The research explores a semiotic approach suitable for narrating complex processes, identifying cartoons as a particularly effective medium to ensure the effectiveness of the process. Integrating visual and narrative elements enables the translation of complex information into comprehensible formats, thereby reducing the cognitive and linguistic barriers frequently encountered in institutional and technical communication. Combining images and text facilitates a more effective understanding of housing dynamics, shared responsibilities, and participation opportunities.

The theme of visual information transmission is widely discussed in "Visual News. Communication in the Age of Visual Culture", where the author highlights how images satisfy the public's desire for participation and identification (Neri, 2021). Today, visual information has a primary role compared to text, which often accompanies it only to facilitate reading (Goldsmith, 1983). Even in architecture, cartoons have been proposed as an effective tool, especially to promote inhabitants' practical and design autonomy. An example is their use in illustrated manuals for self-construction (Friedman, and Bocco 2017) or for the perception of the city (Lo Bocchiaro, 2008). Theoretically, the architect and academic Manfredo Massironi has analysed drawings in terms of communication, highlighting the peculiarities of graphic notation and verbal language, elements hybridised in cartoons. Graphic notation aims to transmit information to facilitate interaction with the world of objects, while verbal language regulates social relationships. Moreover, the image requires less structured learning than written language, making it more accessible. Unlike verbal language, graphic notation has a mimetic relationship between sign and meaning, and adapts flexibly to communicative contexts. On the other hand, the exclusively assertive character of the image, which operates through objects rather than concepts, reduces the risk of ambiguity (Massironi, 1982).

The method of making the tools

The method adopted is based on an "action-research" approach combined with "collective prototyping." This approach, connected to the conviction that nobody can understand a situation without trying to change it (Lewin, 1980), differs from top-down models characterised by a distance from the problems. It prefers a collaborative and interventional process in which the object of research is rooted in the real situation, and in which the protagonists themselves actively participate, including in the construction of solutions.

We tested the method in two case studies: Lumen and Urban Housing Coop-net. The first, a culture-based regeneration project, served as the catalyst case for the research, and has made it possible to address the difficulties of sharing information, both with the citizens and within the most active working group, but primarily to test solutions aligned with the project's mission of transparent knowledge sharing (Camellato, 2023; Camellato, 2024). The second case, the subject of this article, is a network promoted by the CooperToscana cooperative, which comprises cooperative and third-sector organisations involved in housing. Despite their differ-

04 | Il Prospetto di processo dell'Urban Housing, immagine di Arianna Camellato
The Urban Housing Process Prospect, image by Arianna Camellato

Gli strumenti di narrazione visiva

Il metodo di realizzazione di strumenti visuali per facilitare l'accesso alle informazioni ha permesso di identificare tre soluzioni principali. Ciascuno strumento può trasferire uno specifico dettaglio di informazioni e si adegua a raccontare particolari aspetti del processo in esame, risultando di fatto una traduzione visuale dei processi immateriali correlati al progetto di architettura e degli spazi aperti, in grado di amplificare il punto di vista delle persone nella lettura alle diverse scale del progetto e del suo processo di realizzazione.

Prospetto di Processo

Analogamente alla tipica rappresentazione in prospetto dell'architettura, è pensato per offrire una visione d'insieme del processo sociale. Gli avvenimenti vengono rappresentati su due piani paralleli:

- Linea inferiore: il '*software*', ossia tutti gli elementi immateriali del contesto analizzato (strategie, normative, decisioni, relazioni istituzionali, ecc.).
- Linea superiore: l'"*hardware*', ovvero la realtà fisica (spazi, costruzioni, elementi naturali, ecc.).

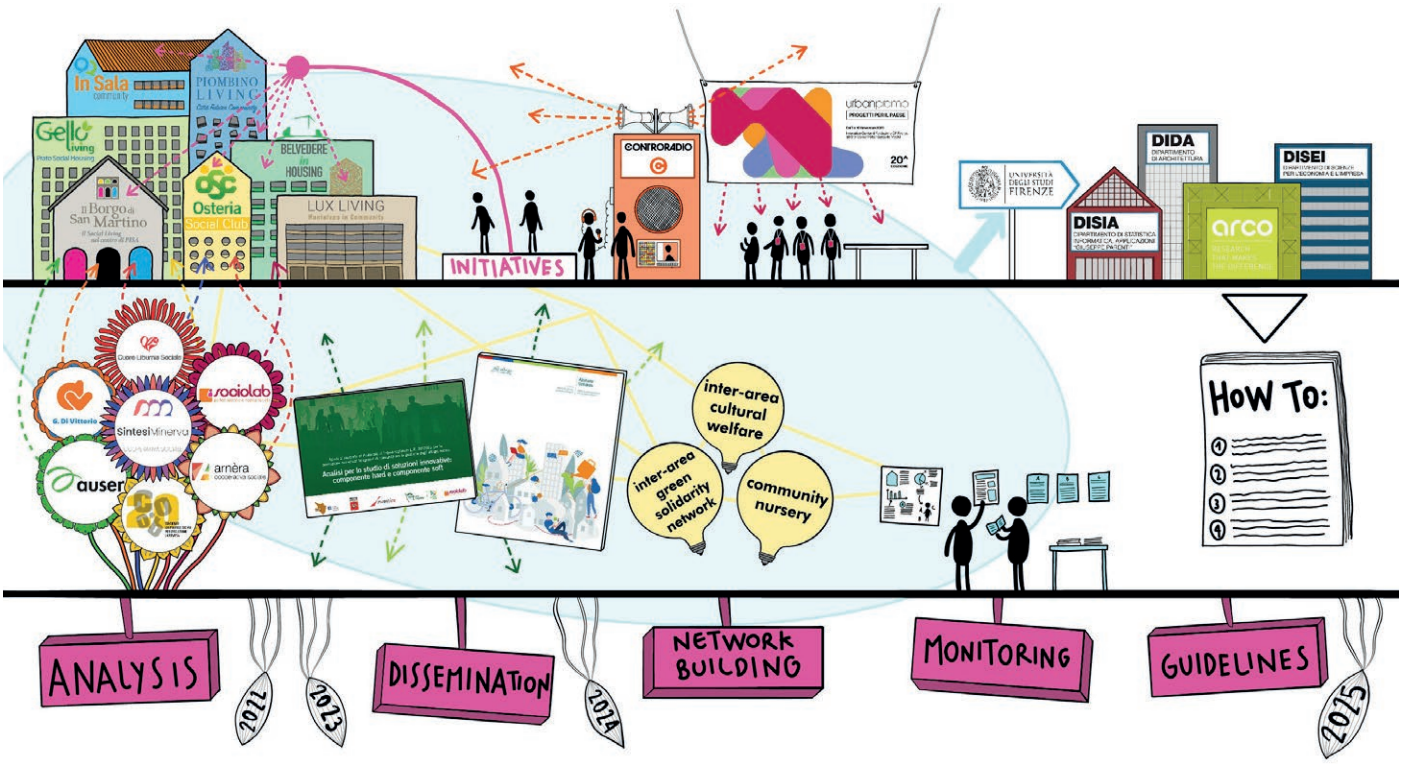
L'elaborato rappresenta il '*brainware*' (Ciribini, 1984; Zeleny 1989), che consente di integrare e visualizzare i diversi interlocutori coinvolti assegnando loro pari dignità nel racconto del processo. Le relazioni tra questi attori sono espresse tramite vettori, il cui aspetto e colore ne determinano il significato e un sistema di legenda ne permette l'interpretazione. L'utilizzo di loghi e icone facilita poi il riconoscimento immediato dei soggetti rappresentati (Fig. 4).

Lo strumento è fruibile su diversi supporti ed è accompagnato a un testo discorsivo che descrive il processo in parole, con approfondimenti puntuali per tutte le icone presenti. La struttura consente un'esperienza di lettura dinamica: il fruitore può scegliere di concentrarsi sull'immagine, approfondire alcuni dettagli o leggere con il supporto delle rappresentazioni grafiche (Fig. 5).

Sezioni Dialogiche

Paragonabili alle omonime architettoniche, concedono il racconto di un dettaglio maggiore. Così come le sezioni permettono di comprendere la stratificazione degli spazi, le sezioni dialogiche approfondiscono le interazioni tra i diversi attori coinvolti nel processo, evidenziando le dinamiche di *governance* (Fig. 6). La rappresentazione si focalizza sugli attori umani e le interazioni tra sono espresse attraverso vettori, secondo codici ispirati alla teoria dei grafi in quanto a significato (*meaning*)

| 04



05 | Esempio di pagine a completamento del Prospetto di Processo, contenuti relativi al caso studio di prima elaborazione degli strumenti, immagine di Arianna Camellato
Example of pages supplementing the Process Prospect, containing content related to the case study for the initial development of the tools, image by Arianna Camellato

ent nature, the cases confirm the need for communication tools to support complex social networks where actors with different languages and modes of operation interact.
The method for creating the tools can be described through six phases:
- Problem identification and analysis; assessment of existing communication challenges.
- Key stakeholder mapping; identification of key actors involved and creation of an initial map of relationships and contacts, useful for understanding roles and interactions.
- Data collection and analysis; compilation of documentary data (contracts, project documentation, press coverage). These materials are examined to reconstruct the chronology of events and to select the most relevant data.
- Validation through interviews: Unstructured interviews with key stakeholders, such as third-sector associations, given their role as intermediaries between citizens and institutions.
- Tool prototyping; development of visual tools to be presented to the same interviewees to assess their coherence and communicative effectiveness. The feedback gathered allows the refinement of the representations.
- Application and iteration; the tools are used in participatory processes with citizens.

The use of the tools in the field allows for gathering further feedback, updating them, and improving the inclusiveness of the process, enabling participants to contribute to the narrative and evaluation of the project actively.
The method adopted divides the prototyping phase into two main cycles: first, engagement with intermediary actors; then, once the initial visual tools have been developed, they are also tested with inhabitants. The feedback gathered from the latter feeds into a continuous revision process, ensuring that the tools remain adaptable and responsive over time.
In the case of Urban Housing, the development of the tools is currently in a consolidation phase in dialogue with intermediary actors. At a later stage, these tools will be shared and tested with residents, and this will continue until the end of the construction intervention and full implementation of the related services.

Visual narrative tools
The method of developing visual tools to facilitate access to information led to the identification of three main solutions. Each tool is capable of conveying a specific set of information and is designed to highlight particular aspects of the process under investigation. As such, these tools act as a visual translation of the intangible processes involved in architectural design and open spaces, enhancing the individual's perspective in interpreting the project and its implementation at different scales.

Process Prospect
Analogous to the typical perspective representation in architecture, this tool provides an overview of the social process. The events presented are distributed on two parallel levels:
- Lower line: represents the 'software', i.e., all the intangible elements of the context being analysed (strategies, regulations, decisions, institutional relations, etc.).
- Upper line: represents the 'hardware', i.e., the physical reality (spaces, constructions, natural elements, etc.).

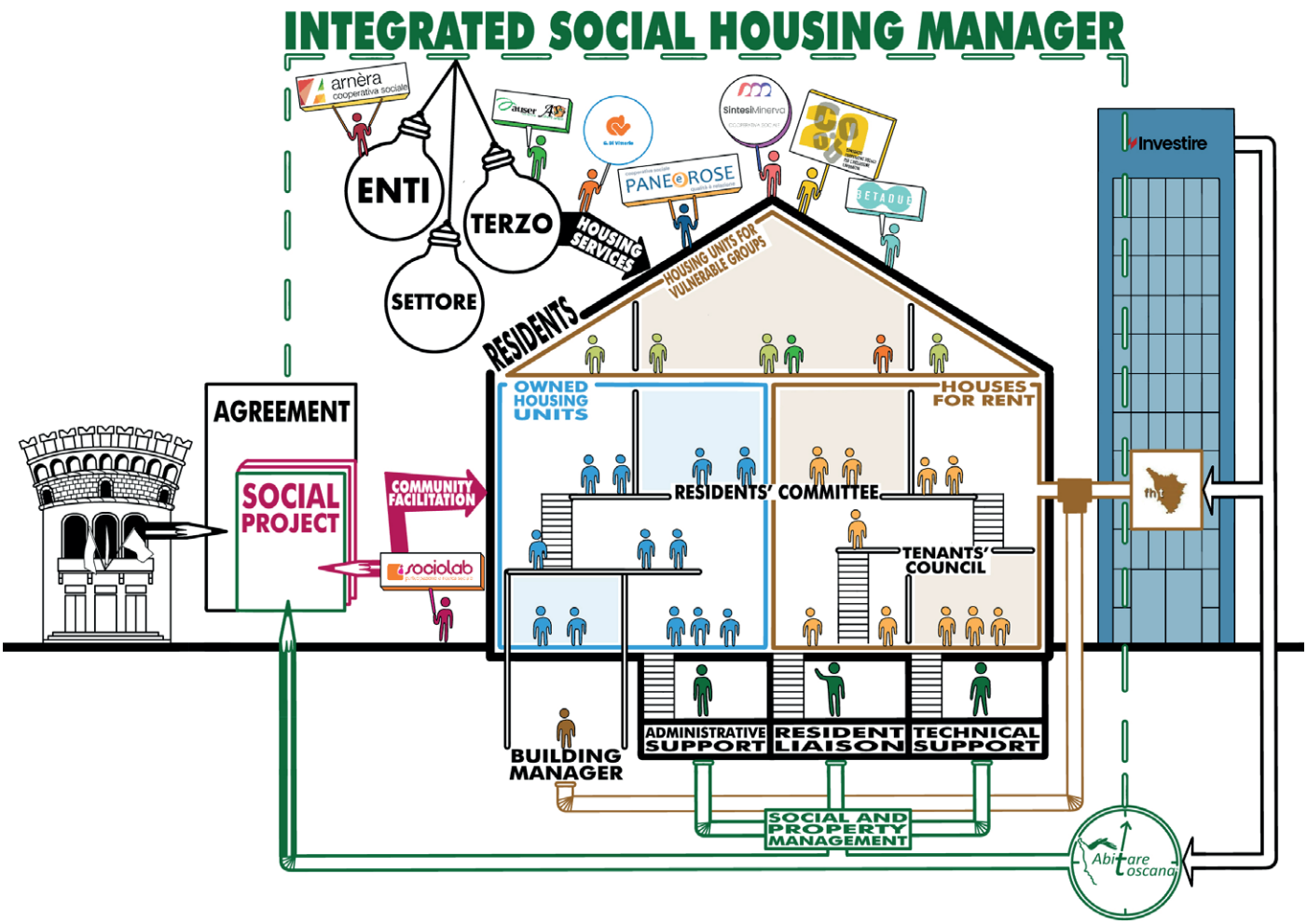
06 | Una sezione dialogica per il sistema di governance dell'Housing Sociale, immagine di Arianna Camellato
A Dialogic Section for the Social Housing governance system, image by Arianna Camellato

e al grado di libertà di scelta (*information*) fra i segni utilizzati (Ciribini, 1979).

Dettagli Parlanti
Nella scala più minuta troviamo i 'dettagli parlanti', che si possono paragonare ai dettagli costruttivi nell'architettura. Così come questi ultimi forniscono informazioni precise su un elemento, concedendo di procedere alla sua realizzazione, i dettagli parlanti raccontano storie e situazioni particolari all'interno del processo analizzato. Si tratta dello strumento che più si avvicina al linguaggio del fumetto: la narrazione avviene attraverso sequenze di immagini, con testi ridotti al minimo all'interno delle vignette e approfondimenti discorsivi posizionati sotto le illustrazioni. Ogni vignetta rappresenta un momento chiave della storia, permettendo di isolarne i passaggi e di raccontarli con chiarezza (Fig. 7).

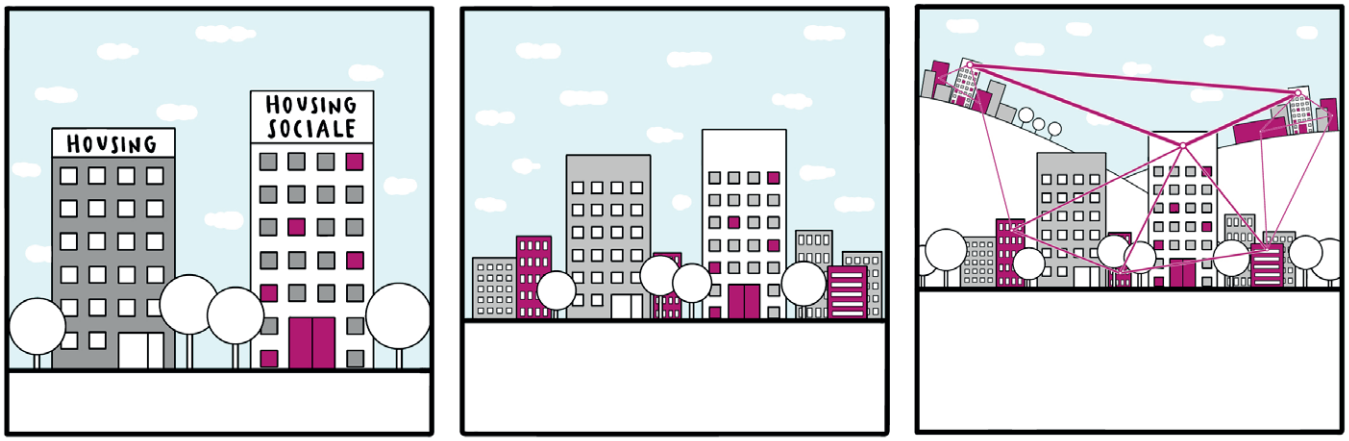
Conclusioni

L'articolo evidenzia come l'evoluzione dall'*Housing* Sociale all'*Urban Housing* rappresenti una sfida che richiede un ripensamento delle relazioni tra abitanti, spazi e servizi. Il tema dell'abitare non può essere ridotto alla sola dimensione edilizia, ma deve essere considerato come un sistema integrato di fattori sociali, economici e culturali, che influiscono direttamente sulla coesione delle comunità e sulla sostenibilità degli interventi. Uno degli aspetti chiave è il ruolo cruciale della partecipazione attiva degli abitanti nei processi decisionali e gestionali. L'integrazione di strumenti visivi, come il fumetto, si rivela strategica nel facilitare l'accessibilità delle informazioni, superando le barriere comunicative.
L'analisi di casi concreti ha messo in luce come la mancanza di accesso trasparente alle informazioni possa generare conflitti e ostacolare l'efficacia degli interventi. Per contrastare tali criticità, la ricerca suggerisce un approccio basato sulla pro-



07 | Dettaglio parlante per l'evoluzione dell'Housing Sociale in Urban Housing, immagine di Arianna Camellato
Talking detail for the evolution of Social Housing into Urban Housing, image by Arianna Camellato

07 |



totipazione collettiva e sulla ricerca-azione, con l'obiettivo di costruire modelli flessibili e adattabili alle esigenze mutevoli delle comunità.
Ricomporre i saperi e fare rete con le diverse parti interessate diventa fondamentale per innovare gli strumenti e i processi volti al contrasto delle disuguaglianze abitative. Gli strumenti visuali, per loro natura in fase di elaborazione, sono stati testati nei due casi citati, dando buoni risultati in termini di facilitazione nell'accesso alle informazioni e supporto al dialogo costruttivo tra gli enti. La ricerca-azione prevede altre fasi di verifica e affinamento attraverso test applicativi sulla rete di interventi del FHT (Fondo Housing Toscano), sia realizzati che in fase di sviluppo. L'applicazione si presta a comprendere le specificità locali e le dinamiche sociali emergenti, favorendo un approccio contestualizzato e inclusivo.
La ricerca evidenzia come il ripensamento del ruolo dell'architetto non più solo come progettista di spazi, ma anche mediatore tra esigenze diverse, può contribuire a creare ambienti capaci di favorire la coesione sociale e il benessere degli abitanti. Il risultato finale della ricerca applica una visione specificatamente disciplinare per la Progettazione Ambientale, in quanto vengono gestite, secondo la cultura tecnologica della progettazione, le tre componenti di *hardware*, *software* e *brainware* (Ciribini, 1984; Zeleny, 1989).

The document represents the "brainware" (Ciribini, 1984; Zeleny, 1989) that makes it possible to integrate and visualise the actors involved, giving them equal dignity in the process narrative. Vectors express the relationships between these actors, whose aspect and colour determine their meaning, with a legend system that allows interpretation. Using logos and icons also facilitates the immediate recognition of the entities represented (Fig. 4). The tool is accompanied by a discursive text that describes the process in words, with specific insights for all the icons present, and users can use it on different media. The structure allows for a dynamic reading experience. Indeed, the user can focus on the image, delve into exact details, or follow the textual narrative supported by graphic representations (Fig. 5).

Dialogic Sections
The 'Dialogic Sections' are more detailed, and comparable to the architectural sections of the same name. Just as the latter make it possible to understand the stratification of spaces, the 'Dialogic Sections' deepen the interactions between the different actors involved in the process, highlighting the dynamics of governance (Fig. 6). Hence, the representation focuses on human actors and the interactions between subjects are expressed through vectors, according to codes inspired by graph theory in terms of meaning and the degree of freedom of choice (information) between the signs used (Ciribini, 1979).

Talking Details
'Talking Details' are at the finest scale, comparable to architectural construction details. Just as the latter provides precise information about an element, often allowing its realisation to proceed, the talking details tell stories and specific situations within the process analysed. 'Talking Details' is the tool that most closely resembles the language of cartoons. The narrative takes place through sequences of images, with texts reduced to a minimum within the vignettes and discursive insights positioned below the illustrations. Each vignette represents a key moment in the story, making it possible to isolate passages and tell them clearly (Fig. 7).

Conclusions
The paper highlights how the evolution from Social Housing to Urban Housing is a challenge that requires rethinking the relationships between inhabitants, spaces, and services. Housing cannot be reduced to the building dimension alone but must be considered as an integrated system of social, economic, and cultural factors that directly impact the cohesion of communities and the sustainability of interventions. One of the key aspects is the crucial role of the active participation of residents in decision-making and management processes. The integration of visual tools, such as comics, is proving to be strategic in facilitating the understanding and accessibility of information, thus overcoming communication barriers.
The analysis of concrete cases has shown how the lack of transparent access to information can generate conflicts and hinder the effectiveness of interventions. The research proposes an approach based on collective prototyping and action-research to build flexible models adaptable to the changing needs of communities.

ATTRIBUZIONI E RICONOSCIMENTI

Convenzioni di ricerca, Accordo tra Investire SGR, per conto del fondo "Housing Toscano" e il DiDA per contributo alla ricerca "Social Living nel Borgo di San Martino", resp. scientifico prof. Maria De Santis, soggetti coinvolti, PhD student Arianna Camellato, Sociolab Società Cooperativa – Impresa Sociale, Arnèra Cooperativa Sociale, Coop Itinera. La sistematizzazione delle informazioni su cui si basa la Figura 06 è da attribuire a SocioLab.

NOTE

[1] Dal 2022 il gruppo di ricerca ha siglato accordi di ricerca con partenariati multilivello di governance con Regione Toscana, Investire SGR, Fondo Housing Toscano, Abitare Toscana, fondazione CRF (Cassa di Risparmio di Firenze), la rete coop-net delle associazioni del Terzo Settore, Comuni, Società della Salute per la partecipazione a bandi di finanziamento a livello regionale e internazionale, (progetto HEROES – Housing Enhancement and Regional Oversight for European Sustainability – Interreg Europe call 2024) per rafforzare le politiche per il welfare abitativo.

[2] Tra le principali preoccupazioni vi sono l'aumento del carico urbanistico (fognature, parcheggi), il rischio di trasformazione degli alloggi in locazioni turistiche e, non da ultimo, l'indignazione per la demolizione di alcuni alberi esistenti.

REFERENCES

Aime, M. (2019), *Comunità*, il Mulino, Bologna.

Arnstein, S.R. (1969), "A Ladder of Citizen Participation", *Journal of the American Institute of Planners*, Vol. 35, n. 4, pp. 216-224. Available at: https://doi.org/10.1080/01944366908977225.

Camellato, A. (2023), *(Come) disegnare un processo, Architettura del racconto di una caso di innovazione sociale*, DiDapress, Firenze, Available at: https://didapress.it/pubblicazione/come-disegnare-un-processo (Accessed on 27/02/2025).

Camellato, A. (2024), "Drawing urban processes: a visual grammar to make opportunities for social innovation accessible and inclusive", *BDC. Bollettino Del Centro Calza Bini*, Vol. 24, n. 2, Available at: https://doi.org/10.6092/2284-4732/4070.

Ciribini, G. (1979), *Introduzione alla tecnologia del design: metodi e strumenti logici per la progettazione dell'ambiente costruito*, Franco Angeli, Milano.

Ciribini, G. (1984), *Tecnologia e progetto: argomenti di cultura tecnologica della progettazione*, Celid, Torino.

European Commission, Directorate-General for Employment, Social Affairs and Inclusion (2024), *Social housing and beyond: operational toolkit on the use of EU funds for investments in social housing and associated services*, Ufficio delle pubblicazioni dell'Unione europea, Available at: https://data.europa.eu/doi/10.2767/924036 (Accessed on 21/02/2025).

De Santis, M., Bellini, E., Macchi, A. e Otti, L. (2015), "Coabitare in rete: dall'abitare la citta all'abitare diffuso", *BDC. Bollettino Del Centro Calza Bini*, Vol. 15, n. 2, pp. 389-401. Available at: https://doi.org/10.6092/2284-4732/4070.

De Santis, M. (ed.) (2022), *Dieci progetti per la qualità abitativa. Concorso di idee per l'edilizia sociale nel post-pandemia*, DiDapress, Firenze. Available at: https://didapress.it/pubblicazione/dieci-progetti-per-la-qualita-abitativa (Accessed on 21/02/2025).

De Santis, M., Gregori, L. (2023), a cura di, *Abitare Urbano. Dalla qualità abitativa alla qualità urbana*, Altralinea, Firenze.

Friedman, Y. (2003), *Utopie realizzabili*, Quodlibet, Macerata.

Friedman, Y. (2009), *L'architettura di sopravvivenza*, Bollati Boringhieri, Torino.

Friedman Y. and Bocco A. (ed.) (2017), *Tetti*, Quodlibet, Macerata.

Gastaldi, F. and Camerin, F. (2019), *Aree militari dismesse e rigenerazione urbana. Potenzialità di valorizzazione del territorio, innovazioni legislative e di processo*, LetteraVentidue, Siracusa

Reintegrating knowledge and fostering collaboration between different stakeholders is essential for innovating tools and processes to address housing inequalities. The visual tools, which are a work in progress by their nature, have been tested in the two case studies mentioned above, with positive results in terms of facilitating access to information and supporting constructive dialogue between stakeholders. The action-research includes further phases of evaluation and refinement through application-based testing within the network of interventions carried out by the FHT (Tuscan Housing Fund), both completed and in development. This application allows the understanding of local specificities and emerging social dynamics, promoting a contextualised and inclusive approach.

The research highlights how rethinking the architect's role, not only as a designer of spaces but also as a mediator between different needs, can contribute to creating environments capable of fostering social cohesion and the well-being of the inhabitants. The final result of the research applies a specific disciplinary vision to environmental design, as the three components of hardware, software, and brainware are managed according to the technological culture of design (Ciribini, 1984; Zeleny, 1989).

NOTES

[1] Since 2022, the research group has signed research agreements with multi-level governance partnerships with the Tuscany Region, Investire SGR (Società di Gestione del Reddito), Fondo Housing Toscano, Abitare Toscana, CR (Cassa di Risparmio) Foundation, the coop-net network of third sector associations, municipalities, health companies to participate in regional and international funding calls, HEROES (Housing Enhancement and Regional Oversight for European Sustainability) project (Interreg Europe call 2024) to strengthen housing welfare policies.

[2] Among the main concerns are the increase in urban pollution (sewage, car parks), the risk of converting homes into tourist rentals, and indignation at demolishing some existing trees.

Goldsmith, A. (1983), "Parole e immagini", in Goldsmith, A. and Colombo, A. (Eds.) *I grandi temi della fotografia. Il fotogiornalismo*, Fabbri, Milano.

Housing Europe (2011), *Housing Europe Review 2012.* CECODHAS Housing Europe's Observatory, Brussels. Available at: https://world-habitat.org/wp-content/uploads/2011/11/2012-Housing-Europe-Preview2.pdf (Accessed on 23/02/2025).

Housing Europe (2021), *The state of housing in the EU 2021*. Housing Europe's Observatory, Brussels. Available at: https://www.housingeurope.eu/the-state-of-housing-in-europe-in-2021/ (Accessed on 05/05/2025).

Lewin, K. (1980), *I conflitti sociali*, Franco Angeli, Milano.

Lo Bocchiaro, G. (2008), "Il linguaggio del fumetto tra città e piano, Analisi del fumetto come sguardo "altro" sulla città. Problematiche di un uso attivo nella pianificazione", *Rivista del Dottorato di Ricerca in Pianificazione Urbana e Territoriale dell'Università di Palermo*, Vol. 22, pp. 24-27. Available at: https://www.academia.edu/2293808/Il_linguaggio_del_fumetto_tra_citt%C3%A0_e_piano (Accessed on 18/02/2025).

Massironi, M. (1982), *Vedere con il disegno. Aspetti tecnici, cognitivi, comunicativi*, Franco Muzzio Editore, Padova.

United Nations (2015), *Trasformare il nostro mondo: l'Agenda 2030 per lo sviluppo sostenibile*, ONU, New York. Available at: https://sdgs.un.org/2030agenda (Accessed on 05/05/2025).

Neri, V. (2021), *Notizie visive. La comunicazione ai tempi della visual culture*, Pacini editore, Pisa.

European Parliament (2021), *Risoluzione sull'edilizia popolare e l'accesso a un alloggio dignitoso e accessibile per tutti* (2020/2849(RSP)), Risoluzione approvata il 21 gennaio 2021. Available at: https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/TA-9-2021-0020_IT.html (Accessed on 05/05/2025).

Zeleny, M. (1989), "Knowledge as a New Form of Capital. Part 2: Knowledge-based Management Systems", *Human Systems Management*, Vol. 8, pp. 129-143. Available at: https://doi.org/10.3233/HSM-1989-8208.

Percorsi di transizione energetica e ambientale per la rigenerazione del patrimonio immobiliare

Eugenio Arbizzani, https://orcid.org/0000-0002-5855-1847 eugenio.arbizzani@uniroma1.it
Carola Clemente, https://orcid.org/0000-0003-1793-4339 carola.clemente@uniroma1.it
Anna Mangiatordi, https://orcid.org/0000-0003-2587-2174 anna.mangiatordi@uniroma1.it
Francesco Sica, https://orcid.org/0000-0002-5691-4747 francesco.sica@uniroma1.it
Francesco Tajani, https://orcid.org/0000-0002-2011-1950 francesco.tajani@uniroma1.it
Dipartimento di Architettura e Progetto, Sapienza Università di Roma, Italia

Abstract. Il contributo illustra l'esperienza dell'accordo di collaborazione scientifica del gruppo di ricerca del Dipartimento DiAP dell'Università Sapienza di Roma con la società Fabrica Immobiliare SGR nello svolgimento di attività orientate alla definizione di "Strategie sostenibili di valorizzazione del patrimonio gestito" in chiave ESG. La ricerca operativa si pone quale occasione di sviluppo e contestuale trasferimento tecnologico di conoscenze teoriche e di competenze tecniche, finalizzate all'implementazione di metodologie a supporto di strumenti valutativi e decisionali, per il raggiungimento di obiettivi di riqualificazione energetico-ambientale e di decarbonizzazione nei processi di rigenerazione e di valorizzazione dell'ambiente costruito, secondo criteri di finanza sostenibile.

Parole chiave: Decarbonizzazione; ESG; Investimenti sostenibili; *Real estate*; Transizione energetica.

Decarbonizzazione del settore delle costruzioni e finanza sostenibile

Gli indirizzi politici e normativi comunitari più recenti, orientati al raggiungimento della neutralità carbonica nel settore delle costruzioni, oltre ad imporre modalità produttive e gestionali riconducibili al più ampio ambito della *Green Economy* nella sua complessità, e a favorirne la transizione ecologica (Butera, 2021), hanno delimitato un campo di operatività non eludibile, teso ad intensificare processi di decarbonizzazione negli interventi di rigenerazione e di valorizzazione dell'ambiente costruito, incentivando gli investimenti in attività socialmente e ambientalmente sostenibili (Paganin, 2021).

Da un lato, il "Green Deal Europeo" ha proposto una strategia di sviluppo basata su traguardi prioritari, che intendono tenere insieme la riduzione dei gas a effetto serra, con il progresso economico, compatibilmente con la tutela ecosistemica, ovvero:

1. conseguire gli obiettivi di riduzione delle emissioni entro il 2030 e la neutralità climatica entro il 2050;
2. migliorare la capacità di adattamento, potenziare la resilienza e ridurre la vulnerabilità ai cambiamenti climatici;
3. progredire verso un modello di crescita rigenerativo, dissociando la crescita economica dall'uso delle risorse e dal degrado ambientale e accelerando la transizione verso un'economia circolare;
4. perseguire l'obiettivo "inquinamento zero", anche per l'aria, l'acqua e il suolo, e promuovere la salute e il benessere delle persone;
5. proteggere, preservare e ripristinare la biodiversità e rafforzare il capitale naturale;
6. ridurre le pressioni ambientali e climatiche connesse alla produzione e al consumo, in particolare nei settori dell'energia, dello sviluppo industriale, dell'edilizia e delle infrastrutture, della mobilità e del sistema alimentare (EU, 2019).

D'altro lato, il «Piano d'azione per finanziare la crescita sostenibile» ha delineato nuove opportunità e meccanismi per la valutazione degli investimenti secondo indirizzi programmatici tesi all'attivazione di iniziative "finanziariamente sostenibili" a supporto della transizione verso la neutralità carbonica (EC, 2018). Dapprima la SFDR (*Sustainable Finance Disclosure Regulation*)[1]

Energy and environmental transition paths for the regeneration of real estate assets

Abstract. The paper illustrates the experience of the scientific collaboration agreement of the research group of the DiAP, Department of Architecture and Design, Sapienza University, Rome, with the company Fabrica Immobiliare SGR, in carrying out activities aimed at defining "Sustainable strategies of enhancement of the managed building stock" with a view to ESG. The operative research presents an opportunity for development and transfer of technology, of theoretical knowledge, and of technical skills, aimed at implementing methodologies in support of evaluation and decision-making tools. The purpose is to achieve energy/environmental requalification and decarbonisation targets in the regeneration and enhancement processes of the built environment, in accordance with sustainable finance criteria.

Keywords: Decarbonisation; ESG; Sustainable investment; Real estate; Energy transition.

Decarbonisation of the construction industry and sustainable finance

The most recent EU regulatory and policy orientations aimed at achieving carbon neutrality in the construction industry have imposed modes of management and production, which can be associated with the broader sphere of the Green Economy in all its complexity, favouring the ecological transition (Butera, 2021). Moreover, they have also delimited an inescapable field of operations focused on intensifying decarbonisation processes in the built environment regeneration and enhancement interventions, thereby incentivising investments in socially and environmentally sustainable activities (Paganin, 2021).

The European Green Deal has proposed a development strategy based on priority targets designed to balance greenhouse gas reduction with economic progress, and to do so compatibly with protecting the ecosystem. These targets are specified below:

1. to achieve the emissions reduction targets by 2030, and climate neutrality by 2050;
2. to approve the capacity for adaptation, strengthen resilience, and reduce vulnerability to climate change;
3. to progress towards a model of regenerative growth, dissociating economic growth from the use of resources and from environmental degradation, and accelerating the transition towards a circular economy;
4. to pursue the objective of "zero pollution," also for air, water, and soil, and to promote the health and well-being of citizens;
5. to protect, preserve, and restore biodiversity and strengthen natural capital;

ISSN online: 2239-0243 | © 2025 Author(s) | http://www.fupress.com/techne | DOI: 10.36253/techne-17505
Open access, peer-reviewed article published by Firenze University Press (https://www.fupress.com) and distributed, except where otherwise noted, under the terms of the CC BY 4.0 License for content and CC0 1.0 Universal for metadata

poi, in rapida successione, il Regolamento 2020/952 sulla Tassonomia UE[2] vanno a costituire i pilastri della strategia della finanza sostenibile, che accoglie le istanze di una domanda diffusa di responsabilità sociale, ambientale ed economica rivolta a tutti i settori produttivi e finanziari. Se la finalità della SFDR è aumentare la trasparenza nel settore finanziario e nel mercato degli investimenti sostenibili, il Regolamento 2020/852 definisce i criteri per determinare quando un'attività economica può essere considerata "ecosostenibile", ovvero se:

– contribuisce in modo sostanziale al raggiungimento di uno o più obiettivi ambientali (mitigazione del cambiamento climatico; adattamento ai cambiamenti climatici; uso sostenibile e protezione dell'acqua e delle risorse marine; transizione verso un'economia circolare; prevenzione e controllo dell'inquinamento; protezione e ripristino della biodiversità e degli ecosistemi);
– non arreca danno significativo – DNSH (*Do No Significant Harm*)[3];
– è svolta nel rispetto delle garanzie minime di salvaguardia;
– è conforme ai criteri di vaglio tecnico stabiliti dalla Commissione Europea[4].

Secondo l'Accordo di Parigi, gli Stati Membri devono, inoltre, rendicontare periodicamente i propri progressi a lungo termine ottenuti a scala globale (*Global Stocktake*) in merito alle misure adottate per affrontare la crisi climatica e la riduzione delle emissioni inquinanti[5].

L'UE chiarisce, quindi, il concetto di sostenibilità sociale[6] individuando tre macro-tematismi di riferimento:

1. lavoro dignitoso;
2. standard di vita e benessere adeguati per gli utenti finali;
3. comunità e società inclusive e sostenibili.

L'innovazione di sistema rappresentata da questo quadro regolamentare, certamente rilevante per ambizioni, indirizzi e contenuti, trova il suo driver fondamentale nella spinta proveniente dalla richiesta sempre più consapevole e orientata alla transizione ecologica e alla sostenibilità in chiave ESG – E (ambientale), S (sociale) e G (governance) – degli investimenti, che vede, tuttavia, le proprie aspettative ancora in larga parte disattese (Tartaglia *et al*., 2024).

Nel settore delle costruzioni, i criteri ambientali per la valorizzazione immobiliare in direzione ESG attengono al binomio Edificio-Impianto, volti cioè ad assicurare la decarbonizzazione riducendo le emissioni di CO_2 localmente e a migliorare le prestazioni energetico-ambientali complessive. Il perseguimento di questi criteri produce conseguentemente effetti sul sistema sociale del contesto urbano di prossimità (Ladu and Micelli, 2023):

– potenziando le condizioni di qualità della vita degli utenti finali (*comfort indoor* e *outdoor*);
– innalzando il livello di sicurezza e di salubrità dell'ambiente costruito (*healthy and safe city*);
– ottimizzando l'inclusività e l'accessibilità dei singoli asset;
– richiedendo al contempo l'adozione di *policies* di *governance* innovative necessarie a sostenere le operazioni di rigenerazione e di valorizzazione in ottica ESG.

La riqualificazione del compendio immobiliare (asset) identifica, quindi, una scelta strategica per lo sviluppo della sostenibilità tramite decisioni programmatiche e progettuali degli investimenti, orientate a definire possibili strategie tese a contemperare la competizione tra le tre dimensioni ESG conside-

6. to reduce the environmental and climate pressures connected to production and consumption, in particular in the sectors of energy, industrial development, construction and infrastructure, mobility, and the food system (EU, 2019).

The "Action Plan on Financing Sustainable Growth" has also outlined new opportunities and mechanisms for assessing investments in accordance with policy orientations aimed at activating "financially sustainable" initiatives in support of the transition towards carbon neutrality (EC, 2018). The SFDR ("Sustainable Finance Disclosure Regulation")[1], and Regulation (EU) 2020/852 (EU Taxonomy Regulation)[2] that followed closely, are the pillars of the sustainable finance strategy, which accommodates the needs of a widespread demand for social, environmental, and economic responsibility addressing all the productive and financial sectors. While the purpose of the SFDR is to increase transparency in the financial sector and in the market of sustainable investment, Regulation 2020/852 defines the criteria for determining when an economic activity can be considered "ecologically sustainable," which is to say whether:

– it contributes substantially towards achieving one or more of the environmental goals (climate change mitigation; climate change adaptation; sustainable use and protection of water and marine resources; transition to a circular economy; pollution prevention and control; protection and restoration of biodiversity and ecosystems);
– it causes no significant harm– DNSH (Do No Significant Harm)[3];
– it is carried out in compliance with the minimum protection guarantees;
– it complies with the technical screening criteria established by the European Commission[4].

According to the Paris Agreement, the Member States must also report regularly on their own long-term progress achieved on a global scale (*Global Stocktake*) as relates to the measures adopted to deal with the climate crisis and the reduction of pollutant emissions[5].

Lastly, the EU clarifies the concept of social sustainability[6] by identifying three macro-themes of reference:

1. dignified work;
2. standards of living and well-being adequate for the final users;
3. inclusive and sustainable communities and societies.

The system innovation represented by this regulatory framework, certainly of importance for its ambitions, orientations, and content, has its main driver in the thrusts originating from a demand that is increasingly informed and directed towards ecological transition and sustainability, in terms of the investments' ESG (Environment, Social, and Governance). However, the expectations of these demands still remain to a large degree unmet (Tartaglia *et al*., 2024).

In the construction sector, the environmental criteria for property enhancement towards ESG relate to the Building-Plant system, which is to say they are aimed at ensuring decarbonisation by reducing CO_2 emissions locally, and at improving overall energy-environmental performance. The pursuit of these criteria consequently produces effects on the social system in the neighbouring urban setting (Ladu and Micelli, 2023), by:

– reinforcing the final users' quality of life conditions (indoor and outdoor

rando, parallelamente, la compatibilità dell'investimento con le specifiche finanziarie di settore (Scenari Immobiliari, 2024).
Gli orientamenti e le misure di sostenibilità introdotte a livello comunitario richiedono, pertanto, l'implementazione di modelli e di processi rigenerativi del patrimonio costruito e della sua gestione, articolati entro uno scenario di innovazione in cui sia prevista l'integrazione tra obiettivi di efficientamento energetico e di decarbonizzazione con criteri di finanza sostenibile e di investimento immobiliare in direzione ESG, volti, cioè, ad ottimizzarne l'impatto energetico-ambientale, massimizzando i benefici diretti e indiretti sulla qualità della vita delle persone e sulla collettività, sull'ambiente e sulla sostenibilità economica globale degli investimenti.

Percorsi di transizione per la rigenerazione del patrimonio immobiliare in chiave ESG

Nell'ambito dell'accordo di collaborazione scientifica "Strategie di valorizzazione del patrimonio gestito in ottica di sostenibilità ambientale, responsabilità sociale e buona pratica di governance", il gruppo di ricerca del Dipartimento DiAP dell'Università Sapienza di Roma si è occupato dello sviluppo di metodologie a supporto di processi valutativi e decisionali per la riqualificazione e la valorizzazione di immobili in chiave ESG, finalizzate al raggiungimento di obiettivi di efficientamento energetico-ambientale e di decarbonizzazione di una porzione del patrimonio costruito gestito dalla società Fabrica Immobiliare SGR (Fabrica Immobiliare SGR, 2024). A partire dalla perimetrazione del campo di indagine, la ricerca ha delineato un percorso di transizione energetico-ambientale per la rigenerazione del patrimonio immobiliare, organizzato secondo specifiche aree di approfondimento, tra loro consequenziali e interrelate:

1. verifica dell'applicabilità della tassonomia UE e dei criteri definiti dalla regolamentazione europea sugli investimenti e sulla finanza sostenibile al caso della rigenerazione e della valorizzazione di un campione significativo di immobili selezionati e valutazione della corrispondenza con i parametri ESG;
2. identificazione delle potenzialità trasformative dei singoli asset, in relazione alle caratteristiche tecnico-costruttive e impiantistiche di ciascun immobile, tenuto conto delle prestazioni energetico-ambientali residue;
3. individuazione degli interventi funzionali a garantire un decisivo miglioramento di prestazione energetico-ambientale degli edifici e valutazione dell'impatto in termini di livello di classe energetica raggiunta, abbassamento dei consumi energetici e riduzione delle emissioni di CO_2;
4. analisi preliminare dei requisiti minimi necessari a garantire la percorribilità dei processi di certificazione energetico-ambientale di natura volontaria, tra quelli maggiormente diffusi a scala internazionale e nazionale (es. BREEAM, LEED, WELL, GBC);
5. verifica della sostenibilità finanziaria degli interventi di riqualificazione energetico-ambientale ipotizzati e valutazione del target di decarbonizzazione CRREM (*Carbon Risk Real Estate Monitor*)[7] riferito ai singoli edifici e all'intero comparto immobiliare.

Rispetto ad un quadro scientifico e operativo ormai consolidato in letteratura e nelle prassi di interventi di rigenerazione urbana e di riqualificazione energetico-ambientale correnti (*deep renovation, retrofit,* ecc.), l'innovatività della ricerca risiede nel

comfort);
– raising the built environment's level of safety and healthiness (healthy and safe city);
– optimising the inclusivity and accessibility of the individual assets;
– at the same time, requiring the adoption of innovative governance policies necessary to support regeneration and enhancement operations with a view to ESG.

The requalification of the real estate holding (asset) thus identifies a strategic choice for the development of sustainability through investment planning and policy decisions oriented towards defining possible strategies aimed at balancing the competition among the three dimensions of ESG while, in parallel, considering the investment's compatibility with the sector's financial specifications (Scenari Immobiliari, 2024).

Hence, the sustainability measures and orientations introduced on the EU level require implementing models and processes for regenerating and managing the built heritage, articulated within a scenario of innovation in which energy efficiency and decarbonisation targets are integrated with criteria of sustainable finance and real estate investment towards ESG – that is, models and processes aimed at optimising their energy/environmental impact, while maximising the direct and indirect benefits on the quality of life of people and on society at large, on the environment, and on the investments' overall economic sustainability.

Transition paths for regeneration of the building stock with a view to ESG

Within the context of scientific collaboration "Strategie di valorizzazione del patrimonio gestito in ottica di sostenibilità ambientale, responsabilità sociale e buona pratica di governance" ("Strategies for enhancement of the managed heritage with a view to environmental sustainability, social responsibility, and good governance practice"), the research group at DiAP, Department of Architecture and Design, Sapienza University, Rome, dealt with the development of methodologies in support of evaluation and decision-making processes for the requalification and enhancement of buildings with a view to ESG. The purpose was to achieve energy/environmental efficiency and decarbonisation targets of a portion of the built heritage managed by the asset management company Fabrica Immobiliare SGR (Fabrica Immobiliare SGR, 2024). After first setting the boundaries of the field of investigation, the research outlined a path of energy/environmental transition for the regeneration of the building stock, organised in accordance with specific areas of deeper investigation, consequential to and interrelated with one another:

1. verification of the applicability of EU taxonomy and of the criteria defined by European regulations on investment and sustainable finance to the case of regeneration and enhancement of a significant sample of selected buildings, and assessment of correspondence with ESG parameters;
2. identification of the transformative potential of individual assets, in relation to each building's technical/constructive and plant characteristics, taking into account the residual energy/environmental performance;
3. identification of interventions functional for guaranteeing a decisive

01 | Classi energetiche degli edifici per uffici in Italia. Fonte: SIAPE – ENEA
Energy classes of office buildings in Italy. Source: SIAPE – ENEA

02 | Classi energetiche degli edifici per uffici di nuova costruzione. Fonte: SIAPE – ENEA
Energy classes of newly built office buildings in Italy. Source: SIAPE – ENEA

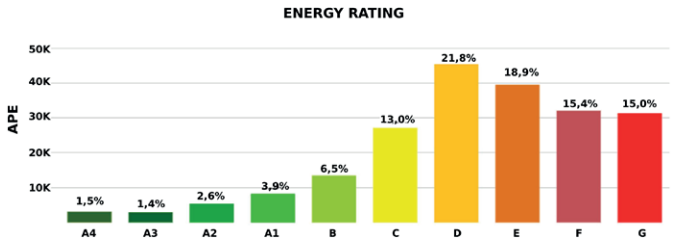
03 | Classi energetiche degli edifici per uffici con ristrutturazione importante. Fonte: SIAPE – ENEA
Energy classes of office buildings in Italy with major renovation. Source: SIAPE ENEA

04 | Curva di decarbonizzazione e di intensità energetica. Fonte: CRREM
Decarbonisation curve and energy intensity. Source: CRREM

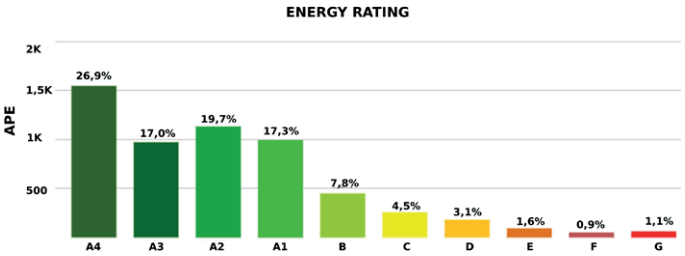
Tab.1 | Valori di GHG e di Energy Intensity di riferimento per il rispetto degli obiettivi di decarbonizzazione per gli edifici per uffici. Fonte: CRREM
GHG and Energy Intensity values of reference for compliance with the decarbonisation targets for office buildings. Source: CRREM

mettere in relazione gli scenari di riqualificazione energetico-ambientale prevedibili sul sistema involucro-impianti con i risultati ottenibili in termini di decarbonizzazione, oltre che di valorizzazione economica dei singoli asset e dell'intero portafoglio immobiliare, derivanti e dalla correlazione tra variabili decisionali e valutative di diversa natura, finanziarie e non, in direzione ESG.
In Europa come in Italia, il settore del terziario avanzato si trova ad affrontare importanti sfide legate alla decarbonizzazione e all'efficienza energetica, per poter preservare e accrescere il valore dei patrimoni gestiti, soprattutto in presenza di immobili storici o localizzati nelle aree centrali delle città, dove circa il 75% del parco immobiliare risulta non essere energeticamente efficiente (Figg, 1, 2, 3).
Secondo le proiezioni del CRREM, per essere coerenti con gli obiettivi dell'Accordo di Parigi, e non rischiare la marginalizzazione nel mercato immobiliare del terziario avanzato, gli edifici per uffici dovrebbero ridurre significativamente le proprie emissioni nei prossimi decenni (ENEA, 2024). A questo fine, il CRREM (Fig. 4) si configura quale strumento di verifica del percorso di decarbonizzazione e di riduzione dei consumi energetici (Tab. 1), che individua alcuni momenti chiave per i target di emissioni GHG tra il 2024 e il 2050.

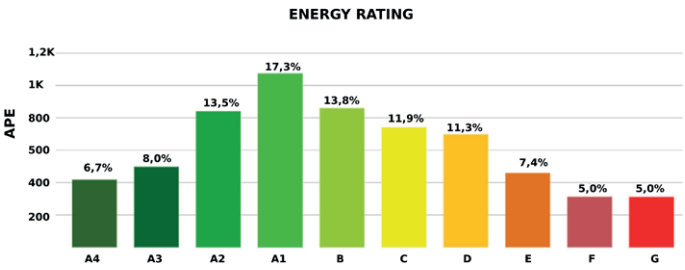
| 01



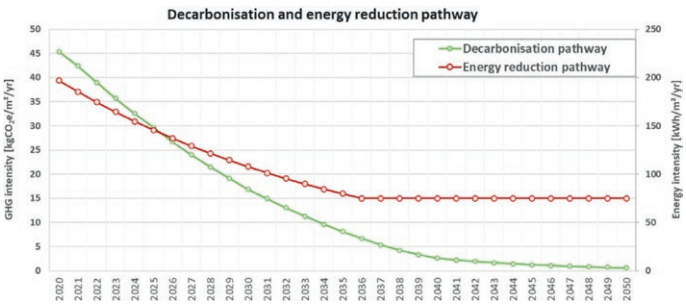
| 02



| 03



| 04



improvement of the buildings' energy/environmental performance, and assessment of the impact in terms of achieved energy class level, lowering of energy consumption, and reduction of CO_2 emissions;
4. preliminary analysis of the minimum requirements necessary for guaranteeing the practicability of the processes of voluntary energy/environmental certification, among those most widespread in Italy and internationally (es. BREEAM, LEED, WELL, GBC);
5. verification of the financial sustainability of suggested energy/environmental requalification interventions, and assessment of the CRREM (Carbon Risk Real Estate Monitor)[7] decarbonisation target referring to the individual buildings and to the entire real estate sector.

In comparison with a scientific and operative framework now well established in the literature, and current practices of urban regeneration and energy/environmental requalification interventions (deep renovation, retrofit, etc.), the research's innovativeness lies in systematising the energy/environmental requalification scenarios foreseeable on the envelope/plant system with attainable results in terms of decarbonisation and of economic enhancement of the individual assets and of the entire real estate portfolio, as derived from the systematisation of and correlation among decision-making and evaluation variables of different kinds, financial and otherwise, towards ESG.
In particular, the advanced tertiary sector is now dealing with important challenges linked to decarbonisation and to energy efficiency in order to preserve and increase the value of the managed heritage, especially when there are historic buildings or buildings located in the central areas of European cities, where about 75% of the building stock is not energy-efficient (Figs. 1, 2, 3).
According to CRREM's projections, in order to be consistent with the targets of the Paris Agreement, and so as not to risk marginalisation on the advanced tertiary sector's real estate market, office buildings should significantly reduce their emissions in coming decades (ENEA, 2024). To this end, CRREM (Fig. 4) is configured as a tool to verify the path of decarbonisation and reduction of energy consumption (Tab. 1) that identifies certain key moments for the GHG emissions targets between 2024 and 2050.

| Tab. 01

YEAR	GHG INTENSITY $kgCO_2e/m^2$ year	ENERGY INTENSITY kWh/m^2 year
2024	32,5	154,7
2030	16,9	107,7
2040	2,6	75,0
2050	0,6	75,0

Contenuti, metodi e risultati della ricerca operativa

Il comparto immobiliare oggetto di studio costituisce un campione rappresentativo di edifici a prevalente destinazione direzionale, localizzati principalmente a Roma e Milano, nei tessuti insediativi della città consolidata, caratteristici delle grandi aree metropolitane presenti sul territorio nazionale, come Firenze, Torino, Palermo e Genova, composto da edifici di pregio, soggetti a vincolo storico-culturale come da D. Lgs 42/2004, ovvero dotati di un valore testimoniale intrinseco per localizzazione, qualità architettonica o vocazione d'uso, nonché da immobili che, pur collocandosi in ambiti periferici tipici della città in trasformazione o in espansione, hanno un valore patrimoniale tale da giustificare e da consentire di identificare in modo significativo i benefici di una potenziale riqualificazione energetico-ambientale, sia in termini di decarbonizzazione, che di posizionamento sul mercato.

La valutazione di fattibilità tecnico-economica degli interventi di riqualificazione energetico-ambientale ipotizzabili su un campione così eterogeneo – per localizzazione, periodo di costruzione e presenza di vincoli eventuali, destinazione d'uso prevalente, estensione e consistenza energetico-ambientale – si è basata su una conoscenza profonda delle caratteristiche architettoniche e tipologico-funzionali dei manufatti, delle peculiarità tecnico-costruttive e impiantistiche, dello stato di manutenzione degli immobili e di tutte le componenti che concorrono alla definizione del valore del bene e del suo rendimento potenziale.

L'analisi dello stato di fatto del campione di immobili, avvenuta tramite metodi di *desk research* e sopralluoghi in loco, ha portato all'individuazione di tre famiglie di interventi percorribili singolarmente o in modalità integrata:

1. la riqualificazione mirata al miglioramento della prestazione energetico-ambientale degli edifici operando principalmente sulle componenti di involucro (opaco e/o trasparente) per ridurne i fabbisogni energetici;
2. l'ottimizzazione dei consumi, attraverso interventi sulle componenti impiantistiche e sui sistemi di controllo e gestione BMS (*Building Management System*);
3. il miglioramento del mix energetico che deriva dall'inserimento di fonti rinnovabili da produzione per autoconsumo locale o collegabili in rete con altri complessi edilizi o soggetti gestori.

Per ogni immobile è stata predisposta una matrice di valutazione complessa *perfomance-based* che ha permesso di individuare la migliore strategia di intervento da applicare, tenuto conto delle caratteristiche peculiari dell'edificio, del comportamento energetico attuale e delle condizioni di conservazione, manutenzione e gestione del bene. Le famiglie di interventi ipotizzate, oltre a garantire il raggiungimento di elevati target energetico-ambientali, hanno mostrato significative potenzialità di promozione di processi migliorativi della qualità della vita degli utenti finali (come ad esempio il benessere e comfort ambientale, o l'aumento della produttività) anche laddove il modello d'uso non subisce trasformazioni, o in assenza di una diretta vocazione sociale degli immobili considerati.

Sono stati quindi determinati due indicatori chiave di performance (*KPIs – Key Performance Indicators*) utili a circoscrivere e a valutare gli interventi di riqualificazione efficaci dal punto di vista energetico-ambientale:

Content, methods and results of the operational research

The real estate sector being studied is a representative sample of prevalently executive buildings located mainly in Rome and Milan, in the settlement fabrics of the consolidated city, and typical of large metropolitan areas in the national territory, like Florence, Turin, Palermo, and Genoa. This sector, which counts prized buildings subject to historical/cultural restrictions as per Legislative Decree no. 42/2004, or endowed with an intrinsic monumental or historic value due to their location, architectural quality, or intended use, as well as buildings that, although in the peripheral settings typical of the transforming or expanding city, have a heritage value that justifies and makes it possible to significantly identify the benefits of potential energy/environmental requalification, in terms of both decarbonisation and market position.

The assessment of the technical and economic feasibility of energy/environmental requalification interventions that may be supposed on a sample so heterogeneous (in terms of location, time of construction and presence of any constraints, prevailing use, size, and energy/environmental content) was based on profound knowledge of the architectural and typological/functional characteristics of the buildings, the particular technical/construction and plant characteristics, the buildings' state of maintenance, and all the components that go towards defining the asset's value and its potential performance.

The analysis of the actual state of the sample of buildings, which took place through "desk research" methods and on-site inspections, resulted in the identification of three families of interventions that could be implemented one by one or in integrated fashion:

1. requalification aimed towards improving the buildings' energy/environmental performance, operating mainly on the envelope components (opaque and/or transparent) to reduce their energy requirements;
2. optimisation of consumption through interventions on the plant components and on the Building Management System (BMS);
3. improvement of the energy mix resulting from the introduction of renewable sources derived from the production for local self-consumption or that can be networked with other building complexes or management entities.

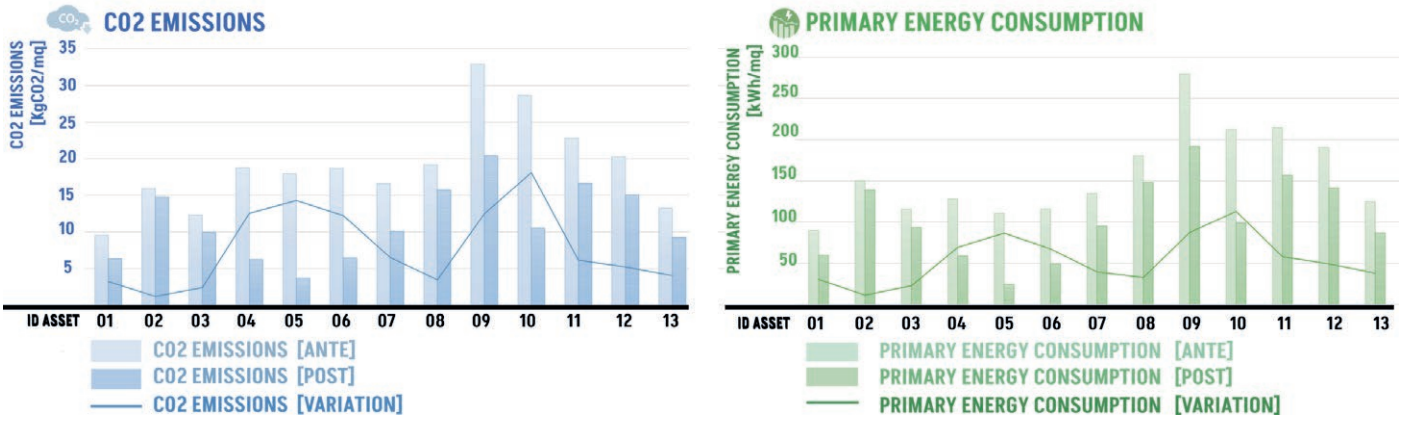
A complex, performance-based assessment matrix was put in place for each building, making it possible to identify the best intervention strategy to be applied, while taking account of the building's particular features, the current energy behaviour, and the conditions of the asset's conservation, maintenance, and management. The supposed intervention families, in addition to guaranteeing the attainment of high energy/environmental targets, have shown significant potential for promoting processes improving the quality of life of the final users (such as, for example, well-being and environmental comfort, or increased productivity), also where the use model undergoes no transformations, or in the absence of a direct social use of the buildings taken into consideration.

The Key Performance Indicators (KPIs) of use for circumscribing and assessing the effective requalification interventions from the energy/envi-

05 | Grafico relativo alla riduzione delle emissioni di CO_2 (KPI1) e dei consumi di energia primaria (KPI2) degli asset considerati nella ricerca operativa. Elaborazione degli autori
Trend chart of the reduction of CO_2 emissions (KPI1) and of primary energy consumption (KPI2) of the assets considered in the operative research. Elaboration by the authors

Tab. 02 | Valori di riduzione delle emissioni di CO_2 (KPI1) e dei consumi di energia primaria (KPI2) ante e post degli asset considerati nella ricerca operativa. Elaborazione degli autori
Values of reduction of CO_2 emissions (KPI1) and of primary energy consumption (KPI2), before and after, of the assets considered in the operative research. Elaboration by the authors

05 |



Tab. 02 |

	CO2 EMISSIONS [KgCO2/mq]			PRIMARY ENERGY CONSUMPTION [KWh/mq]		
ID ASSET	ANTE	POST	VARIATION	ANTE	POST	VARIATION
01	9,5	6,3	33,7%	89,7	59,5	33,7%
02	15,9	14,8	7,4%	149,9	138,8	7,4%
03	12,3	9,9	19,4%	115,8	93,3	19,4%
04	18,8	6,2	66,8%	127,7	58,6	54,1%
05	18,0	3,7	79,5%	110,8	24,2	78,2%
06	18,7	6,4	65,5%	116,1	48,9	57,9%
07	16,6	10,1	39,2%	134,4	94,8	29,4%
08	19,2	15,7	18,0%	180,6	148,0	18,0%
09	32,9	20,4	37,9%	279,5	192,2	31,2%
10	28,6	10,5	63,3%	211,9	98,9	53,3%
11	22,8	16,7	27,0%	214,5	156,7	27,0%
12	20,3	15,0	25,8%	190,6	141,5	25,8%
13	13,3	9,2	30,3%	124,8	87,0	30,3%
TOTAL [MEDIUM VALUE]	19,0	11,2	41,42%	157,4	103,3	34,4%

ronmental perspective were, therefore, determined:
- KPI1) reduction of CO_2 emissions;
- KPI2) improvement of energy/environmental performance (Fig. 5), in terms of attained energy class level and lowering of overall consumption (Tab. 2).

The economic/financial assessment phase provides an overall examination of the energy efficiency and requalification costs, and of the economic frameworks derived from the proposed intervention categories, following the breakdown into technological elements and into plant systems or components, in accordance with parametric values[8]. However, more than that, it was oriented towards identifying the best transition strategy for the decarbonisation of the sample of buildings being studied, in accordance with the CRREM DT (Decarbonisation Target), with a view to achieving carbon neutrality of the individual asset and of the entire real estate portfolio (Bienert *et al.*, 2024).

The mingling of multiple aspects of evaluation and accountability thus led to the definition of a decision-making support tool (DSS – Decision Support System) based on multi-criteria matrices and analysis algorithms of a financial nature of use for defining the priorities of intervention on the buildings taken into consideration, in relation to their specific features and to the energy/environmental behaviour, combining the decarbonszation targets with the strategic objectives of requalification with a view to ESG. The alternatives – in this case the intervention assets – were prioritised through the DSS, which operates by aggregating the KPIs of ESG performance and the normalised economic/financial levels for assets, and consequently putting them in order.

The algorithm developed in accordance with multi-goal "trade-off" principles allowed the strategy of optimal activity on the analysed portfolio to be determined, in accordance with criteria of priority of interventions on the individual buildings and on the entire real estate sector. These criteria were such as to simultaneously meet targets of decarbonisation, energy retrofit, and economic and financial resilience of the managed portfolio. This means

– KPI1) la riduzione delle emissioni di CO_2;
– KPI2) il miglioramento della prestazione energetico-ambientale (Fig. 5), in termini di livello di classe energetica raggiunta e di abbassamento dei consumi complessivi (Tab. 2).

La fase di valutazione economico-finanziaria, oltre a fornire una disamina complessiva dei costi di riqualificazione ed efficientamento energetico e dei quadri economici derivanti dalle categorie di interventi proposte, seguendo la scomposizione in elementi tecnologici e in componenti o sistemi impiantistici, secondo valori parametrici[8], è stata orientata a identificare la migliore strategia di transizione per la decarbonizzazione del campione di edifici oggetto di studio, secondo il DT (*Decarbonization Target)* CRREM, nella prospettiva della neutralità carbonica del singolo bene e dell'intero portafoglio immobiliare (Bienert *et al*., 2024).

La commistione di molteplici aspetti valutativi e di *accountability* ha portato, quindi, alla definizione di uno strumento di supporto decisionale DSS (*Decision Support System*) basato su matrici multi-criteriali e algoritmi di analisi di natura finanziaria utile a definire le priorità di intervento sugli immobili considerati, in relazione alle loro specificità e al comportamento energetico-ambientale, coniugando i target di decarbonizzazione con gli obiettivi strategici di riqualificazione in chiave ESG. La prioritizzazione tra alternative – nella fattispecie gli asset d'intervento – è stata condotta tramite il DSS che opera aggregando i KPIs di performance ESG ed i livelli normalizzati economico-finanziari per asset e procedendo conseguentemente al loro ordinamento.

L'algoritmo sviluppato secondo principi di compensazione (*trade-off*) multi-obiettivo ha consentito di determinare la strategia di attività ottimale sul portfolio analizzato, secondo criteri di priorità degli interventi sui singoli edifici e sull'intero comparto immobiliare, tali da soddisfare al contempo traguardi di decarbonizzazione, retrofit energetico e resilienza economica e finanziaria del portafoglio gestito, ovvero di identificare la soluzione di compromesso migliore tra target ambientali ed economici, anche in funzione dei tempi di ritorno previsti negli scenari valutati.

Stante gli obiettivi da soddisfare, ovvero minimizzare i costi totali di retrofit energetico, ottimizzare il tempo di ritorno dell'investimento in un intervallo temporale il più contenuto possibile, garantire una produzione di GHG totale all'anno per effetto delle azioni di valorizzazione energetica degli edifici secondo il DT CRREM, l'algoritmo implementato ha restituito diverse soluzioni. Rispetto al DT CRREM 2024 (condizione attuale), si evince che l'algoritmo premia gli asset con costi di investimento e tempi di ritorno più contenuti, perseguendo obiettivi esclusivamente di natura finanziaria. Se si considerano i target più stringenti del DT CRREM 2030, i criteri ambientali diventano cogenti, riconoscendo una maggiore importanza agli asset in grado di soddisfare i target di decarbonizzazione, ovvero con produzioni di CO_2 più ridotte. L'elaborazione condotta contemperando nel modello il peso della riduzione di emissioni di CO_2 tra situazione *ante* e *post* intervento pone in risalto, infine, come la struttura matematica dell'algoritmo sia in grado di cogliere le maggiori rilevanze nella definizione dell'ordinamento finale, laddove l'*asset* è caratterizzato da una riduzione di emissioni di CO_2 maggiormente performante (Tajani *et al*., 2024).

they allowed the best compromise between environmental and economic targets to be identified also as a function of the investment return times foreseen in the assessed scenarios.

Given the objectives to be met (which is to say minimising the total costs for energy retrofit, optimising the investment's return time within the shortest possible time frame, and guaranteeing a total yearly GHG production as an effect of the actions of energy enhancement of the buildings in accordance with the CRREM DTs), the implemented algorithm provided a variety of solutions. With respect to the 2024 CRREM DT (current condition), it may be seen that the algorithm rewards the assets with more contained investment costs and return times by pursuing objectives exclusively financial in nature. When considering the more stringent 2030 CRREM DTs, the environmental criteria become binding, giving greater importance to the assets capable of meeting the decarbonisation targets, which is to say with lower CO_2 production. Lastly, the processing performed with the model tempering the weight of the reduction of CO_2 emissions between the pre-intervention and post-intervention situation emphasises how the algorithm's mathematical structure can grasp the elements of greatest importance in defining the final order, in which the asset is characterised by a more highly performing reduction of CO2 emissions (Tajani *et al*., 2024).

Scenarios of innovation and technology transfer in support of evaluation and decision-making processes

The technical/economic feasibility verifications that were performed have allowed the critical areas and the potential for transformation and enhancement, with a view to ESG, of the heritage in question to be highlighted, upon preliminarily defining the boundaries of the "transition costs" for each asset[9]. The interventions identified as feasible were selected to minimise the impact on the buildings' ordinary management, and to reduce the potential interference with the tenants' activities, simulating a condition of continuity in the lease agreements existing in the considered buildings. The scenario simulations created offer an adequate support for the choice of the energy/environmental improvement and enhancement strategies that are most effective for maintaining/improving the profitability of the individual assets, for guaranteeing the portfolio's greater financial resilience, and for setting up a path of responsible implementation of the internal policies of governance (G) in relation to the environmental (E) and social (S) aspects connected with the economic enhancement of the managed heritage. The verification of the results of this study, carried out on two levels, which is to say in relation to the yearly CRREM DTs and to the financial enhancement of the analysed buildings, allowed an evaluation and decision-making model to be built with high potential for transfer to and repeatability in other usage settings.

The conventional representation of KPIs clarifies the result relating to the gain obtained in terms of reducing greenhouse emissions and containing energy consumption, providing a reliable base to verify preliminary requirements for accessing any certification paths that are more widespread on a national and international level, as well as the definition of ESG ratings of the

06 | Tipologie di intervento previste sugli asset considerati, livello di classe energetica ante e post e percorsi di certificazione perseguibili. Elaborazione degli autori
Types of intervention planned on the assets taken into consideration, energy class level, before and after, and pursuable certification paths. Elaboration by the authors

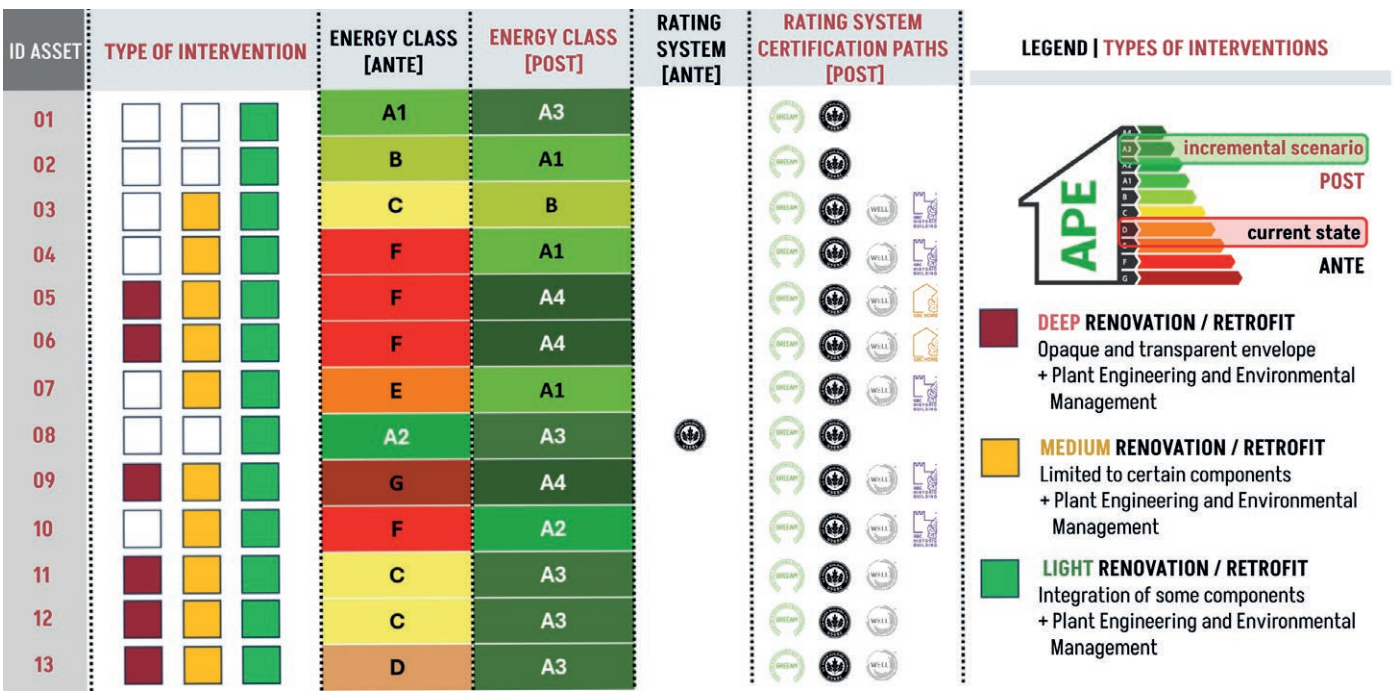
Scenari di innovazione e trasferimento tecnologico a supporto di processi valutativi e decisionali

Le verifiche di fattibilità tecnico-economica svolte hanno permesso di evidenziare le criticità e le potenzialità trasformative e di valorizzazione in ottica ESG del patrimonio in questione, a fronte di una perimetrazione preliminare dei "costi di transizione" per ogni asset[9]. Gli interventi individuati come percorribili sono stati selezionati per minimizzare l'impatto sulla gestione ordinaria degli edifici e per ridurre la potenziale interferenza con le attività dei *tenant*, simulando una condizione di continuità dei contratti di locazione in essere negli immobili considerati. Le simulazioni di scenario elaborate rappresentano un adeguato supporto alla scelta delle strategie di valorizzazione e di miglioramento energetico-ambientale più efficaci per il mantenimento/miglioramento della redditività dei singoli *asset*, per la garanzia di una maggiore resilienza finanziaria del portfolio e per poter impostare un percorso di implementazione responsabile delle *policies* interne di *governance* (G) in relazione ad aspetti ambientali (E) e sociali (S) connessi con la valorizzazione economica del patrimonio gestito. La verifica degli esiti di questo studio portate avanti su due livelli, ovvero in relazione ai DT CRREM annuali e alla valorizzazione finanziaria degli edifici analizzati, ha consentito la costruzione di un modello valutativo e decisionale con alte potenzialità di trasferimento e ripetibilità ad altri contesti d'uso.

La rappresentazione convenzionale dei KPIs rende più evidente il risultato relativo al guadagno ottenuto in termini di riduzione di emissione di gas climalteranti e di contenimento dei consumi energetici, fornendo una base affidabile per la verifica dei requisiti preliminari per accedere eventualmente ai percorsi di certificazione maggiormente diffusi a livello nazionale e internazionale e alla definizione del rating ESG del singolo asset e del portafoglio del fondo. Gli interventi di riqualificazione pesante sono quelli che massimizzano il miglioramento delle prestazioni del sistema edificio-impianto, e che consentono di ottenere un incremento di prestazione e quindi di classe energetica molto robusto. Gli interventi di medio e minimo impatto vanno a completare, a integrare o sostenere performance energetico-ambientali già molto elevate, rappresentando gli unici realizzabili in contesti particolarmente complessi o vincolati. Il valore medio di miglioramento di emissioni di CO_2 e di riduzione dei consumi energetici sull'intero portafoglio, risente, infine, della presenza positiva di alcuni asset che già risultano in buone, se non in ottime condizioni energetico-ambientali, in alcuni casi anche certificati con protocolli di rating di medio-alto livello (Fig. 6).
Con riferimento ai risultati della ricerca nell'ottica della decarbonizzazione e della trasformazione ESG del patrimonio immobiliare è possibile affermare che:

– i *target* CRREM sono certamente raggiungibili, o con interventi di riqualificazione totale degli edifici o di adeguamento parziale, organizzati secondo una programmazione

06 |



temporale più lunga, ma meno impattante sulla gestione delle locazioni in essere;
- l'insieme degli interventi individuati permette un miglioramento robusto del profilo di efficienza energetica del patrimonio gestito;
- gli asset analizzati, in relazione alle loro specificità tecnico-costruttive e di utilizzo possono essere candidati ad uno o più processi di certificazione, soprattutto se questi vengono applicati contestualmente alla progettazione degli interventi di riqualificazione e implementati in fase di realizzazione e quindi di gestione operativa degli edifici, con il coinvolgimento della *governance* della struttura di committenza e dei singoli tenant;
- l'insieme degli interventi proposti permette il soddisfacimento della quasi totalità del sistema di requisiti generato dalla Tassonomia Ambientale, mentre alcuni, in particolare quelli che hanno ricadute dirette sulla qualità della vita degli utenti finali e degli operatori, permettono il soddisfacimento parziale dei criteri della Tassonomia Sociale, ancora in corso di definizione;
- l'attivazione in fase di progettazione/realizzazione di processi di certificazione ambientale concorrerebbe in modo sostanziale all'implementazione di molti aspetti ricadenti nel perimetro della Tassonomia Ambientale e Sociale, prefigurando, con l'attivazione di policies di *governance* efficaci, uno scenario virtuoso di potenziamento dei risultati in chiave di decarbonizzazione, anche in riferimento al posizionamento atteso del patrimonio gestito in termini di SFDR e di valutazione GRESB (*Global Real Estate Sustainability Benchmark*).

Conclusioni e aperture future

La ricerca ha portato all'implementazione di un *know-how* avanzato di conoscenze interdisciplinari, ponendosi quale operazione virtuosa di formazione, consolidamento e trasferimento tecnologico di contenuti teorici e competenze tecniche volte a tracciare nuovi scenari di decarbonizzazione e di valorizzazione per l'ambiente costruito. La decarbonizzazione costituisce il parametro chiave con cui orientare le scelte strategiche del committente in merito alla tipologia e alla distribuzione temporale degli interventi di miglioramento energetico-ambientale da proporre e implementare, prima ancora del risultato in termini di prestazione energetica pura, spesso difficile o molto oneroso da raggiungere, soprattutto in caso di interventi sul patrimonio storico o sul moderno di pregio. A sostegno di questo assunto, risulta indispensabile sottolineare che l'abbattimento della CO_2, parametro non condizionato dall'evoluzione dei differenti sistemi normativi concorrenti o dalle metodiche di calcolo utilizzate per la valutazione di interventi di riqualificazione energetico-ambientale, rappresenta l'indicatore più significativo, largamente riconosciuto dalle politiche e dalle normative comunitarie in materia di finanza sostenibile, su cui impostare le valutazioni preliminari a supporto della programmazione tecnico-economica e della progettazione nell'ambito della gestione immobiliare.
La consapevolezza che l'azione di riqualificazione energetico-ambientale di un asset o di un patrimonio immobiliare non è sufficiente, da sola, a sostenerne la sua valorizzazione economica e a giustificare l'investimento all'origine dell'attività edilizia, apre un campo di indagine inedito. La possibilità di attivare

individual asset and of the fund's portfolio. Heavy requalification interventions maximise the improvement of the performance of the building/plant system, and allow an increased performance – precisely a more robust energy class – to be attained. Medium-impact and minimum-impact interventions complete, supplement, or support energy/environmental performance that is already very high. They are the only ones that can be carried out in particularly complex or restricted settings. Lastly, the average value of improvement of CO_2 emissions and of reduction of energy consumption is impacted by the positive presence of certain assets that are already in good if not optimal energy/environmental conditions, in some cases also certified with medium/high level rating protocols (Fig. 6).
With reference to the results of the research with a view to decarbonisation and the ESG transformation of the building stock, it may be stated that:
- the CRREM targets are certainly attainable, either with interventions of total requalification of buildings or of partial adjustment, organised along a longer time frame, but with less impact on the management of the existing leases;
- the set of identified interventions permits a solid improvement of the managed heritage's energy efficiency profile;
- the analysed assets, in relation to their specific technical/construction and use characteristics, may be eligible for one or more certification processes, especially if these are applied along with the planning of the requalification interventions, and implemented in the phase of the buildings' development and then of their operative management, involving the governance of the customer structure and of the individual tenants;
- the set of proposed interventions allows nearly the entirety of the system of requirements generated by the Environmental Taxonomy to be satisfied, while some, in particular those that have a direct impact on the quality of life of the final users and of the operators, allow the criteria of the Social Taxonomy, still being defined, to be partially met;
- activation in the phase of planning/carrying out environmental certification processes would make a substantial contribution towards the implementation of many aspects falling within the perimeter of the Environmental and Social Taxonomy, heralding, with the activation of effective governance policies, a virtuous scenario of strengthening the results with a view to decarbonisation, also with reference to the managed heritage's expected position in terms of SFDR and GRESB (Global Real Estate Sustainability Benchmark) assessment.

Conclusions and future possibilities

The research led to the implementation of an advanced apparatus of interdisciplinary knowledge, becoming a virtuous operation of training, consolidation, and technology transfer of theoretical content and technical skills aimed at outlining new decarbonisation and enhancement scenarios for the built environment. Decarbonisation is the key parameter with which to guide the customer's strategic choices as relates to the type and distribution over time of the energy/environmental improvement interventions to be proposed and implemented, even before the result in terms of pure en-

percorsi di transizione in chiave ESG è fortemente correlata alla capacità dei soggetti gestori di investire in interventi di riqualificazione energetico-ambientali in grado di rispondere in modo efficace alle istanze internazionali del sistema finanziario, secondo approcci tali da garantire al contempo la sostenibilità ambientale, sociale e di *governance*, attraverso indicatori riconoscibili e verificabili che superano il parametro economico del tempo di ritorno economico come misura della affidabilità dell'investimento, affiancando a quest'ultimo la prospettiva di durabilità nel tempo della riduzione dell'impronta di carbonio degli edifici, attraverso analisi CRREM.

Pur rispondendo ad esigenze peculiari dello specifico campione immobiliare analizzato, le metodologie sviluppate e i risultati ottenuti sono potenzialmente trasferibili ad altri contesti d'uso e tessuti insediativi, nonché a differenti comparti edilizi e soggetti gestori immobiliari. Gli esiti della ricerca sono di particolare interesse per la comunità scientifica, impegnata nello sviluppo di conoscenze teoriche, volte a delineare possibili scenari di innovazione nella ricerca in questo campo e nell'implementazione di metodologie operative potenzialmente trasferibili ad altri settori produttivi, come agli operatori del settore, più specificatamente alle professionalità operanti nel *Real Estate*, nei Fondi Immobiliari e nelle SGR, ma anche ai gestori del patrimonio pubblico, coinvolti in operazioni di investimento, programmazione, progettazione e realizzazione di interventi, nonché nelle fasi di gestione e di valorizzazione immobiliare, in direzione ESG. L'indotto della ricerca è misurabile, quindi, in termini di impatto che la rigenerazione può avere sia in qualità di valorizzazione economica che di decarbonizzazione dell'ambiente costruito, a seguito di operazioni puntuali e sinergiche di efficientamento energetico-ambientale su edifici singoli e su interi parchi immobiliari, secondo i principi aggiornati e avanzati della finanza sostenibile, tenuto conto delle istanze e dei criteri di natura sociale (Confindustria Assoimmobiliare, 2024) e dei processi innovativi in termini di *governance* attivabili.

ATTRIBUZIONE E RICONOSCIMENTI

La ricerca operativa è il risultato dell'accordo di collaborazione scientifica sviluppata nell'ambito dell'attività Conto Terzi: "Strategie sostenibili di valorizzazione del patrimonio gestito. Percorsi di transizione energetica ambientale per la rigenerazione del patrimonio immobiliare". Per Fabrica Immobiliare SGR S.p.A. Amministratore Delegato Avv. Giovanni Maria Benucci, Responsabile ESG Manager Dott. Lelio Mazzarella e Responsabili scientifici: Prof. ssa Carola Clemente, Prof. Eugenio Arbizzani (DiAP Sapienza Università di Roma). Gruppo di lavoro: Prof. Francesco Tajani, Prof. Francesco Sica (U.O. ICAR/22); Prof. Francesco Mancini (U. O. Ing-Ind/11), PhD Anna Mangiatordi (U.O. ICAR/12) con il contributo dei dottorandi dei SSD di riferimento.

Soggetti coinvolti: Sapienza Università di Roma, Dipartimento DiAP; Fabrica Immobiliare SGR S.p.A..

L'articolo è stato redatto in collaborazione paritetica da tutti gli autori.

NOTE

[1] Regolamento (UE) 2019/2088 (SFDR), del Parlamento Europeo e del Consiglio del 27 novembre 2019 relativo all'informativa sulla sostenibilità nel settore dei servizi finanziari. Available at: https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2019/2088/oj/eng

[2] Regolamento Delegato (UE) 2020/852 (Regolamento Tassonomia) del Parlamento europeo e del Consiglio del 18 giugno 2020 relativo all'istituzione di un quadro che favorisce gli investimenti sostenibili e recante modifica

ergy performance – achieved often with difficulty or at great expense, especially in the case of interventions on historical or prized modern heritage. In support of this assumption, it must be said that the elimination of CO_2, a parameter not conditioned either by the evolution of the different competing regulatory systems or by the calculation methods used to assess energy/environmental requalification interventions, is the most significant indicator, widely recognised by policies and by EU regulations in the matter of sustainable finance, upon which to base the preliminary assessments in support of the technical/economic programme and of the planning in the context of real estate management.

Awareness that the action of the energy/environmental requalification of an asset or of a building stock is not in itself enough to support its economic exploitation or to justify the investment at the origin of the construction activity opens a wholly new field of investigation. The possibility of activating transition paths with a view to ESG is highly correlated with the ability of the managing parties to invest in energy/environmental requalification interventions able to respond effectively to the financial system's international demands. This is to be done in accordance with approaches that guarantee environmental, social, and governance sustainability at the same time, using recognisable and verifiable indicators that go beyond the economic parameter of economic return time as a measure of the investment's reliability. Indeed, the latter must be accompanied by the prospect, using CRREM analyses, that the reduction of the buildings' carbon footprint will be durable over time.

Albeit while responding to particular needs of the specific analysed real estate sample, the developed methods and the obtained results can potentially be transferred to different use contexts and settlement fabrics, as well as to different construction sectors and real estate management parties. The results of the research are of particular interest to the scientific community engaged in the development of theoretical knowledge aimed at outlining scenarios of possible innovation in research in this field and in the implementation of operating methods potentially transferable to other productive sectors, such as to industry operators and more specifically to professionals operating in real estate, real estate funds, and asset management companies, but also to the managers of the public heritage, involved in operations of investment, programming, planning, and development of interventions, as well as in the phases of real estate management and enhancement towards ESG. The research's contribution can, therefore, be measured in terms of impact that regeneration can have, from the perspective of both economic exploitation and of decarbonisation of the built environment, following targeted, synergistic energy/environmental efficiency operations on individual buildings and on entire real estate holdings, in accordance with the updated and advanced criteria of sustainable finance, taking account of the social criteria and demands (Confindustria Assoimmobiliare, 2024), and of the innovative processes that can be activated as relates to governance.

ATTRIBUTION AND ACKNOWLEDGEMENTS

The operative research is the result of the scientific collaboration agree-

del regolamento (UE) 2019/2088. Available at: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/HTML/?uri=CELEX:32020R0852

[3] Regolamento Delegato (UE) 2022/1288 («RTS») della Commissione del 6 aprile 2022 che integra il Regolamento (UE) 2019/2088 del Parlamento europeo e del Consiglio per quanto riguarda le norme tecniche di regolamentazione che specificano i dettagli del contenuto e della presentazione delle informazioni relative al principio «non arrecare un danno significativo». Available at: https://eur-lex.europa.eu/eli/reg_del/2022/1288/oj/eng

[4] Regolamento Delegato (UE) 2021/2139 che stabilisce i criteri di vaglio tecnico anche per il settore «edilizia e real estate». Available at: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32021R2139

[5] Il primo *Global Stocktake* è stato redatto in occasione della COP28 nel 2023, dal quale emerso che gli obiettivi definiti dall'Agenda 2030 sono stati soddisfatti solo parzialmente. Cfr. UN Climate Change, *Global Stocktake*. Available at: https://unfccc.int/topics/global-stocktake

[6] Parere del Comitato economico e sociale europeo sul tema: «Tassonomia sociale — Sfide e opportunità». Available at: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/?uri=uriserv%3AOJ.C_.2022.486.01.0015.01.ITA&toc=OJ%3AC%3A2022%3A486%3ATOC

[7] L'analisi CRREM fa riferimento alla valutazione del rischio di carbonio degli investimenti e consente di identificare possibili scenari di miglioramento e di riduzione a partire dalla considerazione del comportamento energetico dei singoli edifici o di interi portafogli immobiliari, definendo un percorso di decarbonizzazione in linea con gli obiettivi UE al 2050 relativi al contenimento del riscaldamento globale, basati su rapporti IPCC. Il *Carbon Risk Assesment* consente agli investitori di quantificare e di gestire lo *standing risk* all'interno dei propri portfolio, ovvero le potenziali svalutazioni dovute agli impatti diretti del cambiamento climatico e alla transizione verso una "economia a basse emissioni di carbonio". Cfr. https://www.crrem.eu/

[8] I costi specifici dei progetti di retrofit energetico sugli asset di studio sono stati computati parametricamente, consultando fonti legislative di settore: in primis, sono stati mutuati i costi pubblicati nel Decreto del 14 febbraio 2022 sulla «Definizione dei costi massimi specifici agevolabili, per alcune tipologie di beni, nell'ambito delle detrazioni fiscali per gli edifici»; per gli interventi di *relamping*, i costi parametrici sono indicati nel Decreto del 16 febbraio 2016 recante «Aggiornamento della disciplina per l'incentivazione di interventi di piccole dimensioni per l'incremento dell'efficienza energetica e per la produzione di energia termica da fonti rinnovabili»; per gli impianti fotovoltaici il costo parametrico è stimato mediante il Decreto Legge Rilancio 34/2020, aggiornato al 2023, articolo 119 (Incentivi per l'efficientamento energetico, sisma bonus, fotovoltaico e colonnine di ricarica di veicoli elettrici).

[9] Come "costi di transizione" si intende la quota parta del costo di riqualificazione o rinnovo di un edificio finalizzati al soddisfacimento dei requisiti minimi di prestazione energetica degli edifici, definiti nelle direttive EPDB, e al raggiungimento gli obiettivi di neutralità climatica entro il 2050.

REFERENCES

Bienert, S., Kuhlwein, H., Schmidt, Y., Gloria, B. and Agbayir, B. (2023), *Embodied Carbon of Retrofits. Ensuring the Ecological Payback of Energetic Retrofits*, Wörgl, Austria, available at: https://www.crrem.eu/wp-content/uploads/2023/09/Report-Embodied-carbon-vs-operational-savings_Sep23.pdf (Accessed on 07/03/2025).

Butera, F. (2021), *Affrontare la complessità. Per governare la transizione ecologica,* Edizioni Ambiente, Milano.

Confindustria Assoimmobiliare (2024), *La "S" di ESG. Misurare il Valore Sociale generato dagli investimenti Real Estate, a*vailable at: https://www.assoimmobiliare.it/wp-content/uploads/2024/06/LA-_S_-DI-ESG-1.pdf. (Accessed on 14/05/2025).

Direttiva EU 2022/2464 CSRD (Corporate Sustainability Reporting Directive), available at: https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2022/2464/oj/eng (Accessed on 07/03/2025).

Direttiva EU 2024/1760 CSDDD (Corporate Sustainability Due Diligence Directive), available at: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=OJ:L_202401760 (Accessed on 07/03/2025).

ment developed in the context activity on behalf of third parties: "Strategie sostenibili di valorizzazione del patrimonio gestito. Percorsi di transizione energetica ambientale per la rigenerazione del patrimonio immobiliare" ("Sustainable strategies for development of the managed building stock. Energy and environmental transition paths for the regeneration of real estate assets"). For Fabrica Immobiliare SGR S.p.A., its CEO Avv. Giovanni Maria Benucci; ESG Manager Dr. Lelio Mazzarella, and principal investigators: Prof. Carola Clemente, Prof. Eugenio Arbizzani (Department of Architecture and Design – DiAP – Sapienza University, Rome, Italy). Working group: Prof. Francesco Tajani, Prof. Francesco Sica (O.U. ICAR/22); Prof. Francesco Mancini (O.U. Ing-Ind/11), PhD Anna Mangiatordi (O.U.ICAR/12) with the contribution of the doctoral candidates in the scientific/disciplinary sectors of reference.
Involved parties: Sapienza University, Rome, Italy, Department of Architecture and Design (DiAP); Fabrica Immobiliare SGR S.p.A.
The article was drafted by all the authors in equal parts.

NOTES

[1] Regulation (EU) 2019/2088 (SFDR) of the European Parliament and of the Council of 27 November 2019 on sustainability-related disclosures in the financial services. Available at: https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2019/2088/oj/eng

[2] Regulation (EU) 2020/852 (Taxonomy Regulation) of the European Parliament and of the Council of 18 June 2020 on the establishment of a framework to facilitate sustainable investment and amending Regulation (EU) 2019/2088. Available at: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/HTML/?uri=CELEX:32020R0852

[3] Commission Delegated Regulation (EU) 2022/1288 ("RTS") of 6 April 2022 supplementing Regulation (EU) 2019/2088 of the European Parliament and of the Council with regard to regulatory technical standards specifying the details of the content and presentation of the information in relation to the principle of "do no significant harm." Available at: https://eur-lex.europa.eu/eli/reg_del/2022/1288/oj/eng

[4] Commission Delegated Regulation (EU) 2021/2139, which establishes the technical screening criteria also for the "construction and real estate" sectors. Available at: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32021R2139

[5] The first *Global Stocktake* was drawn up on the occasion of COP28 in 2023, which showed that the targets defined by the 2030 Agenda were only partially met. Cf. UN Climate Change, *Global Stocktake*. Available at: https://unfccc.int/topics/global-stocktake

[6] Opinion of the European Economic and Social Committee on Social taxonomy — Challenges and opportunities. Available at: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/?uri=uriserv%3AOJ.C_.2022.486.01.0015.01.ITA&toc=OJ%3AC%3A2022%3A486%3ATOC

[7] The CRREM analysis refers to the assessment of the investments' carbon risk and allows possible improvement and reduction scenarios to be identified starting from consideration of the energy behaviour of individual buildings or of entire real estate portfolios, defining a decarbonisation path in line with the EU 2050 objectives relating to containing global warming,

EC (2018), *Piano d'azione per finanziare la crescita sostenibile*, Bruxelles, 8.3.2018, COM(2018) 97 final, available at : https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:52018DC0097 (Accessed on 07/03/2025).

ENEA (2024), *Uffici, Quaderni di efficienza energetica, a*vailable at: https://www.pubblicazioni.enea.it/download.html?task=download.send&id=709:uffici-quaderni-dellefficienza-energetica&catid=3 (Accessed on 07/03/2025).

EU (2019), *The European Green Deal*, Bruxelles 11.12.2019, COM (2019) 640 final, available at: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=COM%3A2019%3A640%3AFIN (Accessed on 07/03/2025).

Fabrica Immobiliare SGR (2024), *Bilancio di sostenibilità 2024, a*vailable at: https://www.fabricasgr.com/wp-content/uploads/2025/04/Fabrica-BdS-2024-final_ITA.pdf (Accessed on 14/05/2025).

Ladu, M. and Micelli, E. (2023), "Valori e metriche del costruito per la progettazione sostenibile e circolare della città", in Galderisi A., Mininni M., Presta I.G. (Ed.) *La declinazione della sostenibilità ambientale nella disciplina urbanistica, Atti della XXIV Conferenza Nazionale SIU 'Dare valore ai valori in urbanistica'*, Brescia, 23-24 giugno 2022, vol. 03, pp. 100-108, available at: http://www.planum.net/atti-della-xxiv-conferenza-nazionale-siu-volume-tre-gladerisi-mininni-presta (Accessed on 07/03/2025).

Paganin, G. (2021), "Finanza sostenibile e industria delle costruzioni: nuovi paradigmi per lo sviluppo dei progetti", *TECHNE*, Vol. 22, pp. 79-85, available at: https://oaj.fupress.net/index.php/techne/article/view/10600/10334 (Accessed on 07/03/2025).

Regolamento 2023/2631 Eu Green Bond, available at: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/ALL/?uri=CELEX:32023R2631 (Accessed on 07/03/2025).

Scenari Immobiliari (2024), *I fondi immobiliari in Italia e all'estero*, *44^ edizione*, Rapporto 2024, available at: https://www.scenari-immobiliari.it/shop/i-fondi-immobiliari-in-italia-e-allestero-rapporto-2024/ (Accessed on 07/03/2025).

Tajani, F., Sica, F., Clemente, C., and Arbizzani, E., (2024), "ESG in the real estate valuations. A portfolio selection model for energy retrofit programs", *Valori e Valutazioni*, Vol 36, pp 29-41, available at: https://doi.org/10.48264/VVSIEV-20243603 (Accessed on 07/03/2025).

Tartaglia, A., Babudri, M., Salucci, F., Pacini, R., Sereni, A. (2024), "Strumenti integrati per la promozione e il controllo della qualità del progetto", *TECHNE,* Vol. 27, pp. 167-176, available at: https://oaj.fupress.net/index.php/techne/article/view/15129/12716 (Accessed on 07/03/2025).

based on the IPCC reports. The Carbon Risk Assessment allows investors to quantify and manage the standing risk within their own portfolios, which is to say the potential depreciation caused by the direct impact of climate change and by the transition towards a "low-carbon-emissions economy." Cf. https://www.crrem.eu/

[8]The specific costs of the energy retrofit projects on the assets in the study were parametrically calculated consulting sectoral legislative sources: firstly, the costs published in the Decree of 14 February 2022 on the "Definition of the maximum, specific costs that can be facilitated, for certain types of assets, in the context of the tax deductions for buildings" were adopted; for the relamping interventions, the parametric costs are indicated in the Decree of 16 February 2016 on "Updating the regulation for the incentivization of small-sized interventions to increase energy efficiency and for the generation of thermal energy from renewable resources"; for photovoltaic systems, the parametric cost is estimated using the Relaunch Decree Law no. 34/2020, updated to 2023, article 119 (Incentives for energy efficiency, earthquake bonus, photovoltaic, and electric vehicle recharging stations).

[9]The term "transition costs" is understood as the portion of a building's cost of requalification or renovation aimed at meeting the minimum energy performance requirements for buildings as defined in the EPDB directives, and at reaching the climate neutrality targets by 2050.

Trasferimento tecnologico universitario nel campo della transizione digitale dei beni culturali

Emanuele Piaia[1], https://orcid.org/0000-0002-8911-7410 emanuele.piaia@unife.it
Roberto Di Giulio[1], https://orcid.org/0000-0002-8569-1271 roberto.digiulio@unife.it
Marco Medici[2], https://orcid.org/0000-0002-9643-4721 marco.medici@unife.it
[1] Dipartimento di Architettura, Università degli Studi di Ferrara, Italia
[2] INCEPTION spin-off, Ferrara, Italia

Abstract. Il contributo analizza l'esperienza dello *spin-off* universitario INCEPTION, attivo dal 2020 nel campo della digitalizzazione del patrimonio culturale. Obiettivo dell'articolo è indagare modalità e impatti del trasferimento tecnologico a partire da un'esperienza imprenditoriale accademica. Lo studio documenta l'adozione di tecnologie semantiche e piattaforme interoperabili, evidenziando ricadute ambientali, economiche e socioculturali. I risultati, basati su casi studio, confermano la capacità del modello di generare valore nel contesto della Terza Missione, attraverso co-produzione di conoscenza, formazione e sviluppo di servizi innovativi per la gestione sostenibile del patrimonio.

Parole chiave: Digitalizzazione; Modellazione 3D; Patrimonio culturale; *Spin-off*; Trasferimento tecnologico.

Introduzione

La transizione digitale, al pari di quella ecologica, è oggi una delle sfide strutturali più urgenti dell'Unione Europea (UE).
In questo contesto, il settore del patrimonio culturale riveste un ruolo strategico, non solo come ambito di applicazione delle tecnologie digitali, ma anche e soprattutto, come terreno di sperimentazione per modelli innovativi di accesso, conservazione e valorizzazione dei beni.
Gli obiettivi perseguibili sono molteplici: la conservazione preventiva dei beni esposti a rischi naturali e antropici; il potenziamento dell'inclusione e dell'accessibilità per un pubblico globale; l'esplorazione di nuove modalità di fruizione dei beni mediante strumenti digitali interrativi e immersivi; la creazione di spazi comuni e interoperabili per facilitare la collaborazione e la condivisione delle risorse digitali.
La recente pandemia e i continui devastanti impatti del cambiamento climatico sui nostri più importanti siti storici hanno spinto la Commissione Europea (CE) a presentare delle raccomandazioni verso l'obiettivo di costruire un ecosistema digitale condiviso, interoperabile e sicuro: il *common European data space for Cultural Heritage*. Esso rappresenta un importante passaggio volto a realizzare una infrastruttura digitale federata che ambisce a rafforzare l'identità culturale europea, favorendo innovazione e sostenibilità nonché promuovendo un uso etico e condiviso dei dati culturali. Le raccomandazioni lanciate a novembre del 2021 dalla CE stessa, presentano il ruolo strategico di questo innovativo ecosistema digitale evidenziando l'importanza della creazione di *digital twin* per monumenti e siti nonché promuovendo l'adozione dei principi FAIR (*Findable, Assessible, Interoperable, Reusable*) per garantire l'accessibilità e il riutilizzo dei dati digitali.
Il documento di raccomandazione stabilisce, inoltre, un ambizioso obiettivo da raggiungere entro il 2030, ovvero, la digitalizzazione in ambiente 3D di tutti i monumenti e i siti considerati a rischio in Europa, nonché del 50% di quelli più visitati. Questo traguardo interesserà circa 16 milioni di beni culturali, con un obiettivo intermedio di 2,4 milioni di beni digitalizzati entro il 2025.

La modellazione 3D: opportunità e criticità

La modellazione 3D dei beni culturali rappresenta uno degli ambiti più innovativi e, allo stesso tempo, complessi da gestire. Nonostante gli obiettivi prefissati, il processo di transizione sta riscontrando diverse criticità.

University technology transfer in the field of digital transition of cultural heritage

Abstract. The paper explores the experience of the university spin-off INCEPTION, active since 2020 in the field of cultural heritage digitisation. The aim of the contribution is to investigate the modalities and impacts of technology transfer from an academic entrepreneurial experience. The study documents the adoption of semantic technologies and interoperable platforms, highlighting environmental, economic, and socio-cultural impacts. The results, based on case studies, confirm the model's ability to generate value in the context of the Third Mission through the co-production of knowledge, training, and the development of innovative services for the sustainable management of heritage.

Keywords: Digitisation; 3D modelling; Cultural Heritage; Spin-offs; Technology transfer.

Introduction

The digital transition, as the ecological one, is currently among the most pressing structural challenges faced by the European Union (EU).
Within this framework, the Cultural Heritage sector assumes a strategic role, not only as a domain for the application of digital technologies but, more importantly, as a testing ground for innovative models of access, conservation, and value enhancement of heritage assets.
Multiple objectives are being pursued: preventive conservation of assets exposed to natural and anthropogenic risks; enhanced inclusion and accessibility for global audiences; the exploration of novel modalities for experiencing heritage through interactive and immersive digital tools; and the creation of common, interoperable digital spaces to support collaboration and the sharing of resources.
The recent pandemic, alongside the ongoing and severe impacts of climate change on Europe's most significant historical sites, has prompted the European Commission (EC) to issue a set of recommendations aimed at fostering the development of a shared, secure, and interoperable digital ecosystem, namely the Common European Data Space for Cultural Heritage. This initiative marks a critical step toward the creation of a federated digital infrastructure designed to reinforce European cultural identity, promote innovation and sustainability, and encourage the ethical and shared use of cultural data.
The recommendations, released by the EC in November 2021, emphasise the strategic relevance of this digital ecosystem, notably through the promotion of digital twins for cultural sites and the adoption of the FAIR princi-

ISSN online: 2239-0243 | © 2025 Author(s) | http://www.fupress.com/techne | DOI: 10.36253/techne-17426
Open access, peer-reviewed article published by Firenze University Press (https://www.fupress.com) and distributed, except where otherwise noted, under the terms of the CC BY 4.0 License for content and CC0 1.0 Universal for metadata

Se da un lato persistono ancora oggi carenze strutturali, dall'altro emerge una mancanza di competenze tecniche specifiche che limita l'adozione di tecnologie innovative per la digitalizzazione 3D e che ha portato a creare modelli non congrui agli standard e alle caratteristiche attese, in relazione a quanto definito nel rapporto VIGIE 2020/654.
Questo rapporto, pubblicato ad aprile del 2022, sottolinea l'importanza di definire parametri di qualità chiari per garantire che i modelli 3D prodotti siano effettivamente utili alle loro finalità. In tal senso, la modellazione 3D non può ridursi alla sola accuratezza geometrica, ma deve includere precisione, completezza, coerenza semantica e adeguatezza all'uso previsto.
Tra gli elementi centrali affrontati vi sono la definizione di parametri di mappatura per garantire una rappresentazione fedele degli oggetti culturali, l'adozione di standard e formati interoperabili per favorire la condivisione e il riutilizzo dei dati, lo sviluppo di linee guida metodologiche per l'intero processo di acquisizione e gestione dei dati, e il ruolo delle tecnologie emergenti, in particolare l'intelligenza artificiale, per migliorare qualità, accessibilità e fruibilità dei modelli digitali.
Ad oggi, la campagna europea di digitalizzazione ha riguardato prevalentemente, e in misura ancora limitata rispetto agli obiettivi previsti, i beni mobili. Al contrario, la modellazione 3D dei beni immobili è rimasta significativamente limitata.
Secondo la CE, *Europeana*, cuore digitale del patrimonio culturale europeo, offre oggi accesso a 57 milioni di beni, di cui però solo 0,01% è disponibile in formato 3D.
In ambito nazionale, le stesse *Linee guida per la digitalizzazione 3D dei beni storico-artistici e museali*, si è concentrata su oggetti, rimandando indicazioni pratiche per i beni a scala architettonica e territoriale a future integrazioni specifiche, alcune delle quali sono attualmente in corso grazie ad una campagna di consultazioni avviata dalla *Digital Library* del Ministero della Cultura (MIC) all'interno del Piano Nazionale di Digitalizzazione del Patrimonio Culturale (PND) 2022-2023.
Il superamento delle criticità attualmente riscontrate e la realizzazione di una transizione digitale efficace e sostenibile, nel settore del patrimonio culturale, richiede l'adozione di un approccio sistemico e integrato. Questo approccio deve promuovere una cooperazione strutturata tra le istituzioni culturali, sostenere in modo continuativo lo sviluppo delle competenze del personale e rafforzare le infrastrutture tecnologiche a supporto dei processi.

Dalla ricerca al mercato: INCEPTION *spin-off*

In questo scenario, di trasformazione e transizione, si colloca l'operatività dello *spin-off* INCEPTION, una start-up innovativa costituita nel 2020 e incubata oggi presso l'Università di Ferrara.
Come altre realtà nazionali, INCEPTION rappresenta i potenziali sviluppi del modello evolutivo delle università italiane, le quali stanno, progressivamente passando da enti dedicati esclusivamente alla formazione e alla ricerca a protagonisti attivi del cambiamento socioeconomico e culturale.
Il paradigma della Terza Missione, infatti, invita oggi le istituzioni accademiche a impegnarsi nel trasferimento di conoscenze e tecnologie verso il tessuto produttivo e la società (Frondizi, 2020). Soprattutto negli ambiti legati alla *Twin Transition*.
Lo *spin-off* nasce come evoluzione naturale dell'omonimo progetto di ricerca europeo (INCEPTION *Inclusive Cultural*

ples (Findable, Accessible, Interoperable, Reusable) to ensure data accessibility and reusability.
The document also sets an ambitious target for 2030, precisely 3D digitisation of all at-risk monuments and sites across Europe, along with 50% of the most frequently visited ones. This initiative is expected to involve the digitisation of approximately 16 million cultural assets, with an interim milestone of 2.4 million assets to be digitised by 2025.

3D Modelling: opportunities and challenges

The 3D modelling of Cultural Heritage represents one of the most innovative yet complex ambitions within the digital transition process. Despite the objectives set at European and national levels, several critical issues continue to hinder its effective implementation.
On the one hand, structural deficiencies persist; on the other, a lack of specialised technical skills limits the adoption of innovative technologies for 3D digitisation. This has often led to the production of models that do not conform to expected standards and requirements, as highlighted in the VIGIE 2020/654 report.
Published in April 2022, this report underscores the importance of establishing clear quality parameters to ensure that 3D models are truly fit for purpose. In this regard, 3D modelling must go beyond geometric accuracy alone and also encompass precision, completeness, semantic coherence, and appropriateness for the intended use.
Key issues addressed include the definition of mapping parameters to ensure faithful representation of cultural objects; the adoption of interoperable standards and formats to facilitate data sharing and reuse; the development of methodological guidelines covering the entire data acquisition and management process; and the role of emerging technologies, particularly artificial intelligence, in enhancing the quality, accessibility, and usability of digital models.
To date, the European digitisation campaign has primarily focused on movable heritage assets and even this only to a limited extent in relation to the targets defined. In contrast, the 3D modelling of immovable heritage remains significantly underdeveloped.
According to the European Commission, Europeana, the digital hub of European Cultural Heritage, currently provides access to over 57 million items, yet only 0.01% are available in 3D formats.
At the national level, the Guidelines for the 3D Digitisation of Historical-Artistic and Museum Heritage have focused mainly on individual objects. Practical indications for the digitisation of architectural and territorial-scale assets have been deferred to future updates, some of which are currently under development through a consultation campaign launched by the Digital Library of the Italian Ministry of Culture (MiC), within the framework of the National Plan for the Digitisation of Cultural Heritage (PND) 2022-2023.
Overcoming the current limitations and achieving an effective and sustainable digital transition in the cultural heritage sector requires a systemic and integrated approach. This approach should promote structured cooperation among cultural institutions, ensure continuous capacity-building of professional staff, and strengthen the technological infrastructures that support digitisation processes.

Heritage in Europe through 3D semantic modelling) finanziato nell'ambito del programma HORIZON 2020 che ambiva a sviluppare tecnologie semantiche tridimensionali per la documentazione e valorizzazione del patrimonio culturale. La forte vocazione applicativa del progetto, concluso nel 2019, ha stimolato la costituzione di un soggetto giuridico autonomo, in grado di tradurre i risultati della ricerca in prodotti e servizi orientati al mercato, promuovendo un modello di imprenditorialità accademica.
Allo scopo di contribuire al superamento delle principali criticità che ancora ostacolano un efficace processo di digitalizzazione e modellazione 3D del patrimonio culturale, INCEPTION propone un modello imprenditoriale che si fonda su una logica di co-sviluppo tecnologico e servizio avanzato.
Il modello di business si basa sulla fornitura di servizi di rilievo 3D, sviluppo di modelli H-BIM semantici, gestione di piattaforma di accesso ai dati culturali, nonché su attività di consulenza, formazione e *capacity building* rivolte alle principali istituzioni culturali, ai gestori di grandi patrimoni storici e ad altri partner europei attivi nel settore della ricerca.

Il trasferimento delle conoscenze nel processo di accelerazione della transizione

Il trasferimento di *know-how*, in un settore strategico come quella della digitalizzazione del patrimonio culturale, può generare un impatto significativo a livello sociale, culturale e di mercato.
Il passaggio di competenze contribuisce ad alimentare la domanda di professionalità qualificate e specializzate favorendo al contempo nuove opportunità di business e modelli di servizio.
Inoltre, condividere le conoscenze significa rendere disponibili le tecnologie e le metodologie innovative anche a istituzioni minori o a Paesi meno digitalizzati contribuendo a una fruizione più inclusiva.
In tale contesto, rilevante è stato il contributo di INCEPTION, nell'ambito della campagna europea "Twin it! 3D for Europe's culture", lanciata il 21 giugno 2023. L'iniziativa ha coinvolto tutti gli Stati membri dell'UE nella digitalizzazione 3D del patrimonio culturale, con l'obiettivo che ciascun Paese contribuisse con almeno un bene digitalizzato allo Spazio europeo comune dei dati per il patrimonio.
Nell'ambito della stessa campagna, un ruolo rilevante è stato assunto anche dalle attività di trasferimento di conoscenze.
La Fondazione Europeana, la Commissione Europea e INCEPTION stesso, in qualità di coordinatore scientifico del progetto di ricerca Horizon Europe 4CH (*Competence Centre for the Conservation of Cultural* Heritage) hanno organizzato cinque webinar volti a supportare, i professionisti del settore culturale, nei processi di digitalizzazione 3D. I *webinar* hanno affrontato l'intero ciclo operativo per la modellazione 3D: dalle tecniche di acquisizione dati, alle strategie di conservazione, modellazione e visualizzazione dei modelli. Questo approccio ha consentito ai partecipanti di acquisire competenze pratiche nel rilievo, nella modellazione e gestione dei dati 3D, contribuendo in modo significativo alla formazione e all'aggiornamento dei professionisti del settore.
Questo aspetto di avanzamento e diffusione culturale è importante in quanto, ancora oggi, numerose istituzioni non dispongono di personale con le competenze tecniche necessarie per avviare o sviluppare un processo di modellazione 3D. Per tale

From research to market: the INCEPTION Spin-off

Within the current context of transformation and transition, the activities of the INCEPTION spin-off take on particular significance. Founded in 2020 as an innovative start-up, INCEPTION is currently incubated at the University of Ferrara.
Like other national initiatives, INCEPTION exemplifies the evolving model of Italian universities, which are progressively shifting from institutions focused solely on education and research to active agents of socioeconomic and cultural change. In this framework, the "Third Mission" paradigm calls upon academic institutions to engage in the transfer of knowledge and technologies to the productive sector and society at large (Frondizi, 2020), particularly in domains associated with the Twin Transition.
The spin-off emerged as a natural evolution of the namesake European research project (INCEPTION: Inclusive Cultural Heritage in Europe through 3D Semantic Modelling) funded under the Horizon 2020 programme. The project aimed to develop 3D semantic technologies for the documentation and enhancement of cultural heritage. The strong application-oriented nature of the project, which concluded in 2019, encouraged the establishment of an independent legal entity capable of translating research outcomes into market-oriented products and services, thereby promoting a model of academic entrepreneurship.
With the goal of addressing the main challenges that still hinder an effective process of Cultural Heritage digitisation and 3D modelling, INCEPTION adopts a business model based on technological co-development and the delivery of advanced services.
Its core activities include 3D surveying services, the development of semantic H-BIM models, and the management of platforms for accessing cultural data. In addition, the company offers consulting, training, and capacity-building services tailored to key cultural institutions, large heritage asset managers, and European research stakeholders.

Knowledge transfer and acceleration of the transition process

The transfer of know-how in a strategic domain such as the digitalisation of Cultural Heritage can generate significant social, cultural, and market impacts.
Skills transfer not only stimulates demand for qualified and specialised professionals but also fosters the emergence of new business opportunities and service models. Furthermore, knowledge sharing helps make advanced technologies and innovative methodologies accessible to smaller institutions or countries with lower levels of digitalisation, thereby promoting more inclusive access to Cultural Heritage.
Within this framework, the contribution of INCEPTION has been particularly relevant in the context of the European campaign "Twin it! 3D for Europe's Culture", launched on 21 June 2023. The initiative engaged all EU Member States in the 3D digitisation of Cultural Heritage, with the aim that each country would contribute at least one digitised asset to the European Common Data Space for Cultural Heritage. Knowledge transfer activities played a crucial role within the same campaign. The Europeana Foundation, the European Commis-

ragione, in continuità con i webinar *Twin IT!* e in risposta alle richieste della CE e del MIC, INCEPTION prosegue la propria attività di trasferimento di *know-how,* attraverso iniziative di training, integrate in nuovi progetti di ricerca europei a cui partecipa come coordinatore o partner, tra cui:

– DIGITAL_3D-4CH (*Online competence centre in 3D for Cultural Heritage*);
– DIGITAL_X-Culture (*eXplore & Reuse 3D cultural heritage within the Data*);
– DIGITAL_3DBigDataSpace (*3D Big Data for the Data Space for Cultural Heritage*);
– HORIZON_ARTEMIS (*Applying Reactive Twins to Enhance Monument Information Systems*).

In particolare, il progetto 3D-4CH, coordinato dallo *spin-off*, mira a istituire un Centro di Competenza online europeo volto a supportare le istituzioni culturali nello sfruttamento delle potenzialità offerte dalle tecnologie 3D e da altri strumenti digitali avanzati.

Tale iniziativa intende contribuire all'attuazione della Raccomandazione della Commissione Europea del 2021, nonché al raggiungimento degli obiettivi prefissati per la modellazione 3D del patrimonio culturale europeo.

Il centro di competenza 3D-4CH ambisce a fornire ai professionisti del settore culturale un accesso qualificato a conoscenze, buone pratiche, linee guida e percorsi formativi accreditati su strumenti digitali già consolidati e/o sui più recenti sviluppi tecnologici e scientifici.

Allo stesso tempo, il centro offrirà a ricercatori, educatori e imprese un ambiente collaborativo per condividere esperienze, promuovere attività di formazione e sostenere percorsi di apprendimento continuo, contribuendo alla costruzione di un ecosistema europeo dinamico e interconnesso nel campo del patrimonio culturale.

Tecnologie integrate per la transizione digitale nel settore dei beni culturali

A partire dai risultati della ricerca che ha portato alla costituzione dello *spin-off* e dalle successive attività, INCEPTION ha sviluppato una suite di tecnologie integrate che mette a servizio di enti pubblici e privati per la modellazione 3D.

Alla base delle attività vi sono strumenti per il rilievo tridimensionale, modelli BIM interoperabili, *web* semantico per l'arricchimento dei dati, interfacce AR/VR per la fruizione immersiva. Le soluzioni sono basate su standard aperti, garantendo compatibilità e riuso. Queste tecnologie sono complementari le une con le altre e mirano a creare modelli che possono essere condivisi e/o caricati nella piattaforma web semantica sviluppata dallo *spin-off* stesso.

La piattaforma (Fig. 1) è costruita a standard aperto consentendo l'accesso, l'elaborazione e la condivisione di modelli digitali interoperabili derivanti dall'acquisizione di dati 3D e dalla documentazione olistica (Iadanza *et al*., 2019). Essa rappresenta uno strumento unico per raccogliere, connettere e arricchire modelli 3D di siti e edifici del patrimonio, offrendo nuove opportunità di ricerca e applicazioni diversificate.

Dal punto di vista procedurale e operativo, considerata l'unicità di ogni edificio storico, è evidente che non possa esistere una procedura standard universalmente applicabile per l'acquisizione dati e modellazione tridimensionale. Tuttavia, lo *spin-off*, sin dalla sua prima fase operativa, ha strutturato uno specifico

sion, and INCEPTION, acting as Scientific Coordinator of the Horizon Europe project 4CH – Competence Centre for the Conservation of Cultural Heritage, organised five webinars designed to support Cultural Heritage professionals in 3D digitisation processes. These webinars addressed the full operational cycle of 3D modelling, from data acquisition techniques to strategies for conservation, modelling, and visualisation. This initiative enabled participants to acquire hands-on skills in surveying, modelling, and managing 3D data, contributing significantly to the training and upskilling of professionals in the sector.

This advancement in cultural dissemination remains vital, as many institutions still lack the technical expertise necessary to either initiate or sustain 3D modelling processes. In response to this need and in continuity with the Twin it! Webinars, and following the requests of the European Commission and the Italian Ministry of Culture (MIC), INCEPTION continues its know-how transfer efforts through training activities embedded in new European research projects in which it is involved as coordinator or partner.

These include:

– DIGITAL_3D-4CH (Online Competence Centre in 3D for Cultural Heritage);
– DIGITAL_X-Culture (eXplore & Reuse 3D Cultural Heritage within the Data);
– DIGITAL_3DBigDataSpace (3D Big Data for the Data Space for Cultural Heritage);
– HORIZON_ARTEMIS (Applying Reactive Twins to Enhance Monument Information Systems).

In particular, the 3D-4CH project, coordinated by INCEPTION, aims to establish a European online Competence Centre to support cultural institutions in exploiting the full potential of 3D technologies and other advanced digital tools.

This initiative is designed to contribute to the implementation of the 2021 European Commission Recommendation, and to help achieve the targets set for the 3D digitisation of Europe's Cultural Heritage.

The 3D-4CH Competence Centre aims to provide Cultural Heritage professionals with high quality access to knowledge, best practices, guidelines, and accredited training pathways related to both consolidated and emerging digital technologies. At the same time, the Centre will offer researchers, educators, and businesses a collaborative environment for sharing experiences, promoting training activities, and supporting lifelong learning, thereby contributing to the development of a dynamic and interconnected European ecosystem in the field of Cultural Heritage.

Integrated technologies for the digital transition in the Cultural Heritage sector

Building upon the research results that led to the establishment of the INCEPTION spin-off and the subsequent activities carried out, INCEPTION has developed a suite of integrated technologies made available to both public and private entities for 3D modelling purposes.

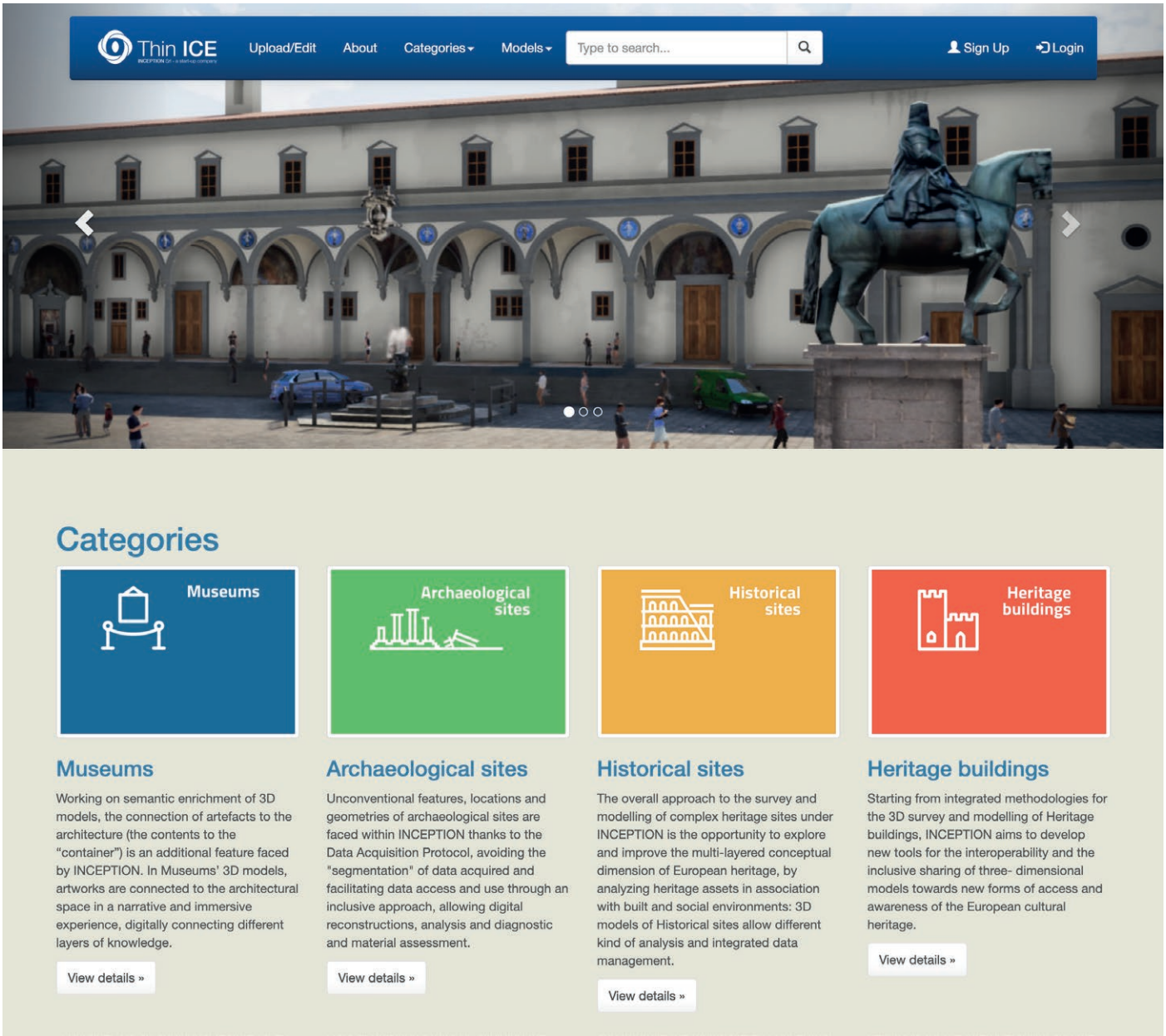
The foundation of these activities includes tools for three-dimensional surveying, interoperable BIM models, semantic Web solutions for data enrichment, and AR/VR interfaces for immersive interaction. All solutions are based on open standards, ensuring compatibility and reusability. These

01 | Interfaccia grafica della piattaforma INCEPTION
INCEPTION platform graphic interface

Protocollo di Acquisizione Dati (DAP) che è applicato in tutti i casi studio.
Il DAP è concepito con l'obiettivo di gestire le attività di acquisizione tridimensionale, valutare la qualità complessiva dei dati raccolti e la loro riusabilità per le diverse finalità applicative consentendo di standardizzare l'approccio metodologico e guidare, in modo coerente, le scelte operative (Di Giulio *et al.*, 2017).

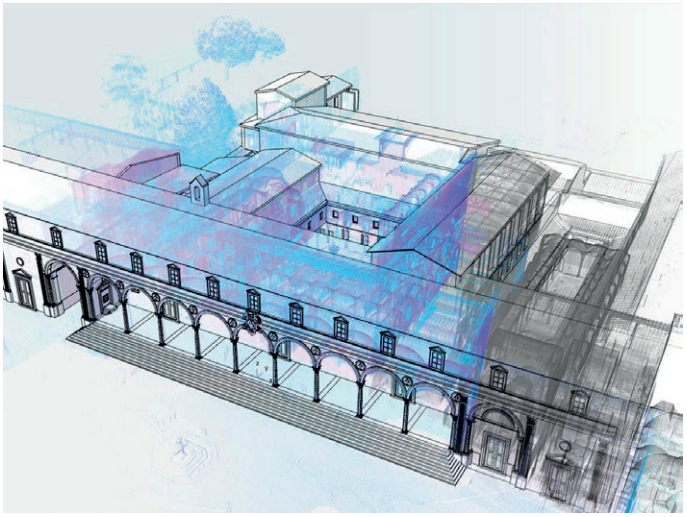
Lo Spedale degli Innocenti: un caso applicativo

Grazie alle tecnologie adottate e sviluppate nel corso degli anni, lo *spin-off* ha realizzato numerose esperienze significative volte a favorire il processo di modellazione tridimensionale del patrimonio culturale europeo.
Di particolare rilievo, ed esempio significativo delle procedure e metodologie adottate, è stata la collaborazione con l'Istituto de-



| 01

02 | Modello BIM sovrapposto alla nuvola di punti 3D dell'Istituto degli Innocenti
BIM model overlaying the 3D point cloud of the Istituto degli Innocenti



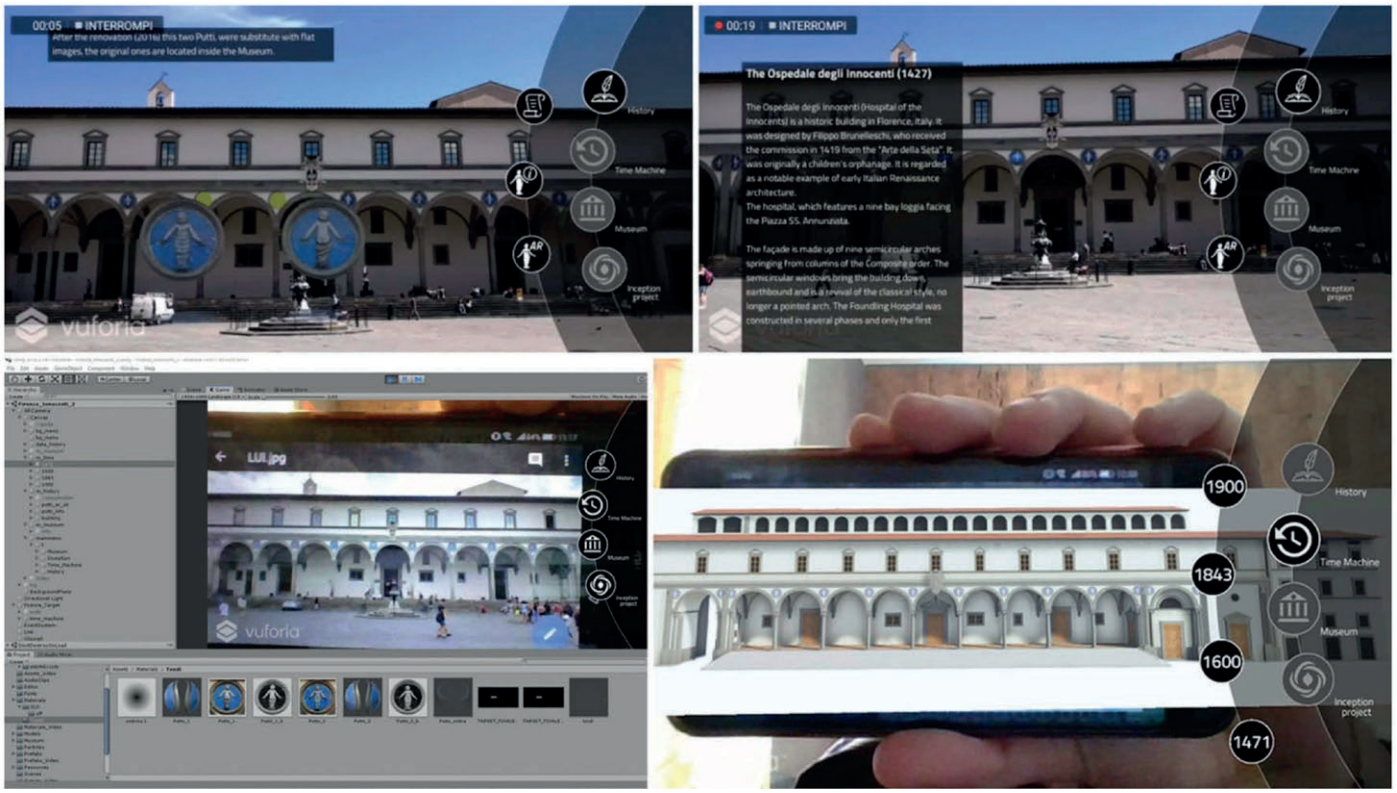
gli Innocenti, che ha portato alla modellazione tridimensionale di uno straordinario esempio di architettura rinascimentale italiana del XV secolo progettata dal Brunelleschi: lo Spedale degli Innocenti (Fig. 2).
A partire da obiettivi specifici concordati con l'Ente gestore, INCEPTION ha sviluppato un modello tridimensionale concepito per rispondere a esigenze diversificate: turistiche, gestionali e conservative.
Il modello ha offerto all'Istituto nuovi approcci nello studio, nella documentazione, nella conservazione, nella gestione e nella comunicazione dell'architettura e dei suoi contenuti, a partire dalla conoscenza metrica fornita dal rilievo laser scanner 3D.
Partendo dalla nuvola di punti, è stato prodotto un modello tridimensionale in ambiente BIM, utilizzando tecnologie che rendono l'edificio interattivo e capace di integrare informazioni aggiuntive. Tra queste, la cosiddetta "macchina del tempo" che consente di poter vedere l'edificio nelle sue diverse fasi storiche, rispondendo così a prospettive differenziate in funzione dei destinatari.
L'intera campagna di acquisizione dati è stata orientata alla realizzazione di un modello tridimensionale utile alla produzione di visualizzazioni multimediali e applicazioni interattive per valorizzare, secondo le esigenze dell'Ente, il nuovo museo e offrire modalità innovative di esplorazione del patrimonio artistico e architettonico.
Successivamente è stato prodotto un modello tridimensionale semantico basato sui dati di rilievo e geometrie parametrizzate, integrate con informazioni storiche e documentali (Fig. 3).
Attraverso l'approccio H-BIM, sono stati poi associati attributi semantici ai modelli tridimensionali per supportare la gestione evolutiva dell'edificio, l'analisi storica e nuove forme di accessibilità museale.
Il lavoro ha permesso di strutturare un sistema informativo ricco e interoperabile, in grado di offrire nuove modalità di fruizione e valorizzazione del patrimonio culturale.
Infine, la piattaforma ha permesso di aggregare i risultati del processo di documentazione olistica e di arricchire il modello tridimensionale con metadati, informazioni storiche e contenuti multimediali. Nel caso specifico di Firenze gli allegati sono stati organizzati attorno a tre modelli principali:

1. "Modello generale", per la descrizione della facciata e della storia dell'edificio;
2. "Modello storico", per la datazione degli elementi e la costruzione della "macchina del tempo";
3. "Modello ludico", finalizzato alla creazione di ambienti immersivi tramite risorse aggiuntive, come i modelli 3D del contesto urbano (Maietti *et al.*, 2017).

technologies are complementary and designed to create models that can be shared and/or uploaded to the semantic Web platform developed by the spin-off itself.
The platform (Fig. 1) is built on open standards and enables access to, processing, and sharing of interoperable digital models derived from 3D data acquisition and holistic documentation (Iadanza *et al.*, 2019). It constitutes a unique tool for collecting, connecting, and enriching 3D models of Cultural Heritage sites and buildings, opening new opportunities for research and diversified applications.
From a procedural and operational standpoint, considering the uniqueness of each historical building, it is evident that a single universally applicable standard procedure for data acquisition and 3D modelling cannot exist. Nevertheless, since the early phases of its operation, the spin-off has developed a specific Data Acquisition Protocol (DAP) applied consistently across all case studies.
The DAP is designed to manage 3D data acquisition activities, assess the overall quality of the data collected, and evaluate their reusability for various application purposes. It enables the standardisation of the methodological approach and supports coherent decision-making throughout the operational workflow (Di Giulio *et al.*, 2017).

Applied Experience: the case of the Istituto degli Innocenti

Thanks to the technologies developed and adopted over the years, the INCEPTION spin-off has carried out numerous impactful projects aimed at supporting the 3D modelling process of European Cultural Heritage.
Among these, a particularly significant example – both methodologically and procedurally – was the collaboration with the *Istituto degli Innocenti* in Florence, which led to the 3D modelling of an outstanding example of 15th century Italian Renaissance architecture designed by Brunelleschi: the *Spedale degli Innocenti* (Fig. 2).
Based on specific objectives agreed with the managing institution, INCEPTION developed a 3D model designed to meet a range of needs, precisely tourism, management, and conservation. The model offered the Institute new approaches for the study, documentation, conservation, management, and communication of the architecture and its contents, starting from accurate metric knowledge obtained through 3D laser scanning.
From the point cloud, a 3D Building Information Model (BIM) was created using technologies that made the building interactive and capable of integrating additional information. These features included the so-called "time machine," allowing users to view the building throughout its historical phases, thus addressing different perspectives based on user needs.
The entire data acquisition campaign was oriented toward producing a 3D model capable of generating multimedia visualisations and interactive applications to enhance the new museum, as requested by the institution, and to offer innovative ways of exploring artistic and architectural heritage.
Following this, a semantic 3D model was produced based on the survey data and parameterised geometries, enriched with historical and documentary information. Through the H-BIM approach, semantic attributes were associated with the 3D models to



Dalla modellazione 3D alla gestione della qualità e manutenzione conservativa degli edifici storici

La crescente consapevolezza del valore economico, culturale e sociale del patrimonio storico ha evidenziato l'urgenza di dotarsi di strumenti digitali avanzati per una gestione della manutenzione più sistematica, consapevole e sostenibile.
In un contesto in cui le risorse pubbliche sono limitate, e i rischi legati al degrado fisico, alla perdita di identità culturale e al cambiamento climatico sono in costante aumento, le soluzioni orientate alla *Condition-Based Maintenance* (CMB) rappresentano una risposta concreta alle esigenze del mercato della conservazione edilizia.
L'esperienza maturata dallo *spin-off*, tanto nella modellazione tridimensionale quanto nella gestione, valorizzazione e manutenzione dei beni culturali, sta delineando un nuovo ambito di attività legato allo sviluppo di strumenti innovativi per la manutenzione conservativa degli edifici storici.

support the building's long-term management, historical analysis, and new forms of museum accessibility.
This work enabled to structure a rich, interoperable information system capable of offering new ways to access and make the most of the Cultural Heritage.
Finally, the platform allowed for the aggregation of the holistic documentation results and the enrichment of the 3D model with metadata, historical information, and multimedia content (Fig. 3). In the specific case of Florence, the outputs were organised around three core models:

1. "General model" – describing the façade and the architectural history of the building;
2. "Historical model" – supporting the dating of architectural elements and the development of the "time machine";
3. "Immersive model" – developed to create immersive environments through additional resources, including 3D models of the urban context (Maietti *et al*., 2017).

From 3D modelling to quality management and preventive conservation of historic buildings

The growing awareness of the economic, cultural, and social value of historic heritage has underscored the urgency of adopting advanced digital tools to support a more systematic, informed, and sustainable approach to maintenance.
In a context marked by limited public resources and increasing risks linked to physical deterioration, cultural identity loss, and climate change, Condition-Based Maintenance (CBM) solutions offer a concrete response to the needs of the heritage conservation market.
The experience gained by the INCEPTION spin-off, both in 3D modelling and in the management, enhancement, and maintenance of Cultural Heritage, is shaping a new area of activity focused on the development of innovative tools for the preventive conservation of historic buildings.
The adoption of semantic H-BIM models, such as the one presented in the previous section, marks a strategic turning point for quality management and conservation-oriented maintenance.
The development and implementation of these new tools require continuous knowledge exchange between academic research, market demands, and the proactive role of the third sector. This interaction is essential to ensure solutions that are truly applicable, sustainable, and capable of generating a shared social impact.
In this field, collaboration between research groups at the University of Ferrara and INCEPTION has led to the definition of new inspection and condition assessment procedures based on the CBM paradigm, going beyond the limitations of standardised, cyclical models.
The adopted approach enables dynamic interaction between the operator and the 3D model, both on-site and remotely, supported by a guided system for defect identification and classification. Each architectural component in the model is linked to metadata describing its condition, criticality, and intervention priority, enabling a more efficient diagnosis and decision-making process.
Initial studies were carried out on a pilot case, namely the Church of *Santa Maria delle Vergini* in Macerata (Fig. 4), which confirmed the effectiveness

Infatti, l'impiego di modelli H-BIM semantici, come quello presentato nella sezione precedente, si configura come una svolta strategica per la gestione della qualità e la manutenzione conservativa.
La costruzione e l'adozione di tali nuovi strumenti richiede un continuo scambio di conoscenze tra il mondo della ricerca universitaria, le esigenze di mercato e il ruolo proattivo del Terzo Settore, al fine di garantire soluzioni realmente applicabili, sostenibili e capaci di generare impatto sociale condiviso.
In questo campo, la relazione tra gruppi di ricerca dell'Università di Ferrara e INCEPTION ha portato alla definizione di nuove procedure di ispezione e valutazione dello stato di conservazione dei beni secondo il paradigma CMB, superando i limiti dei modelli standardizzati e ciclici.
L'approccio adottato consente un'interazione dinamica tra operatore e modello tridimensionale, sia in situ che da remoto, supportata da un sistema guidato di identificazione e classificazione dei difetti. Ogni componente architettonico del modello è associato a metadati che descrivono condizioni, criticità e priorità d'intervento, abilitando un processo di diagnosi e *decision-making* più efficiente.
I primi studi sono stati condotti su un caso applicativo, la chiesa di Santa Maria delle Vergini a Macerata (Fig. 4) che ha dimostrato l'efficacia della metodologia e del *workflow* adottato: dal rilievo integrato, alla modellazione BIM, fino all'implementazione su piattaforma INCEPTION tramite SOLID-ICE. Quest'ultimo consente di trasformare ogni oggetto BIM in una risorsa semantica interrogabile e arricchita con metadati accessibili via web attraverso un'interfaccia *user-friendly*.
Il sistema integra strumenti automatici per l'assegnazione del *condition score*, *dashboard* interattive per il monitoraggio dello stato degli elementi architettonici e funzionalità collaborative per la pianificazione degli interventi.
I risultati di queste prime sperimentazioni indicano un significativo potenziale nel trasformare l'H-BIM in un vero *digital-twin* operativo, capace di supportare strategie conservative basate su dati oggettivi e aggiornati in tempo reale. La disponibilità di dati aggiornati e interoperabili potrà consentire di ottimizzare la pianificazione degli interventi, riducendo costi imprevisti e limitando l'impatto ambientale.
L'integrazione tra rilievo 3D, modellazione semantica e gestione predittiva sperimentata da parte dello *spin-off*, costituisce una leva strategica per promuovere sul mercato un'economia circolare della conservazione.

Discussione critica

L'esperienza dello *spin-off* dimostra come la ricerca universitaria possa produrre un impatto trasformativo sull'ambiente costruito attraverso un trasferimento tecnologico strutturato e orientato al mercato.
In tal senso, il valore generato si manifesta su tre livelli principali:

– "ambientale", l'introduzione di strumenti digitali per la modellazione tridimensionale e l'H-BIM consente una gestione conservativa più efficiente, riducendo gli interventi invasivi e ottimizzando la manutenzione preventiva. Il protocollo DAP adottato dallo *spin-off* permette di valutare oggettivamente la qualità dei dati e la loro riusabilità, migliorando la sostenibilità delle attività di rilievo e la gestione dei beni;

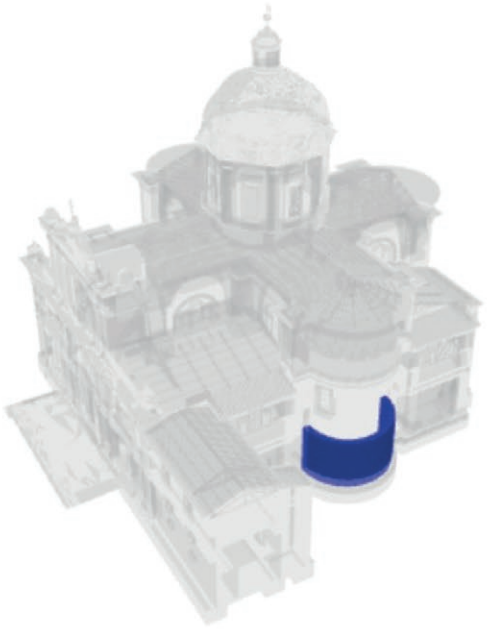
of the methodology and workflow from integrated surveying to BIM modelling, and implementation on the INCEPTION platform through SOLID-ICE. The latter allows each BIM object to be transformed into a semantic resource that can be queried and is enriched with metadata, accessible via the Web through a user-friendly interface.
The system integrates automatic tools for assigning condition scores, interactive dashboards for monitoring the status of architectural elements, and collaborative functionalities for planning interventions.
Results from these initial experiments indicate significant potential in transforming H-BIM into a true operational digital twin, capable of supporting conservation strategies based on real-time, objective data. The availability of updated and interoperable data can help optimise intervention planning, reduce unexpected costs, and limit environmental impacts.
The integration of 3D surveying, semantic modelling, and predictive management, pioneered by the spin-off, represents a strategic lever to promote a circular conservation economy within the market.

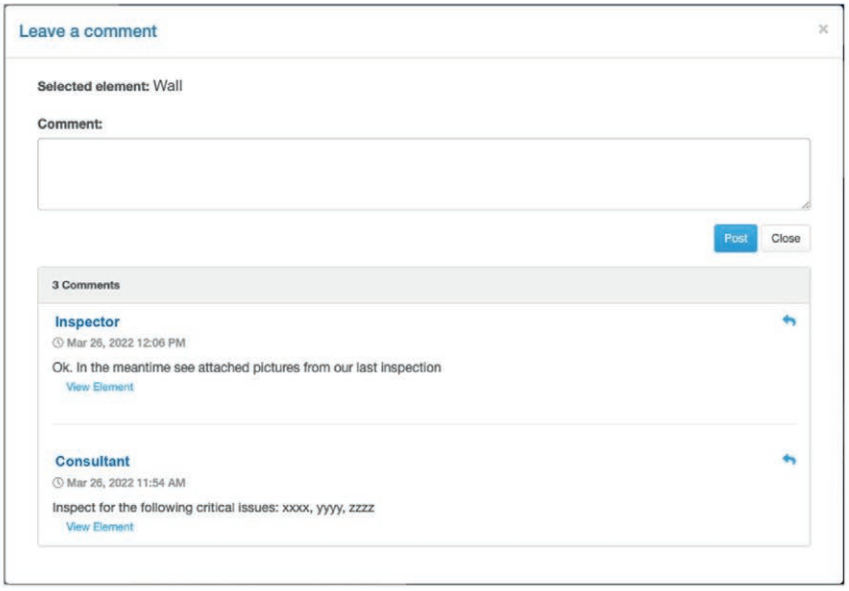
Critical discussion

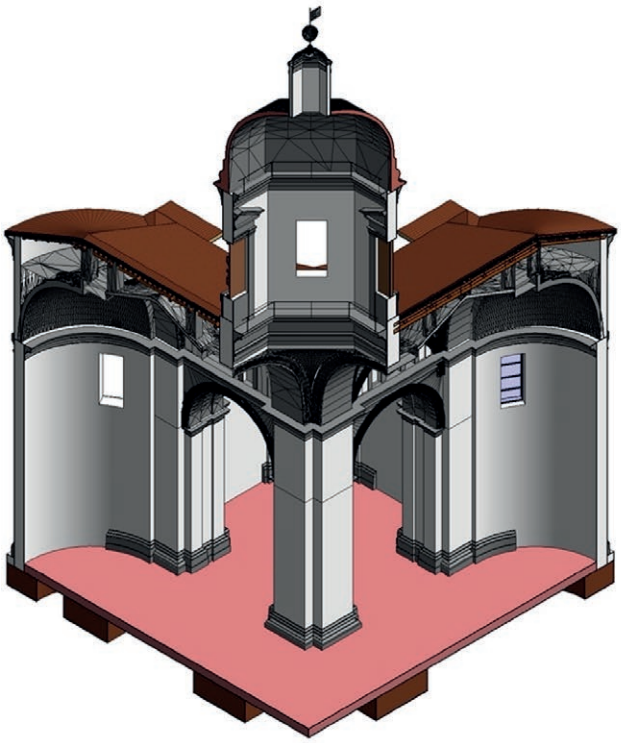
The experience of the INCEPTION spin-off demonstrates how university research can produce transformative impacts on the built environment through a structured, market-oriented technology transfer process.
The value generated by this experience can be identified on three main levels:

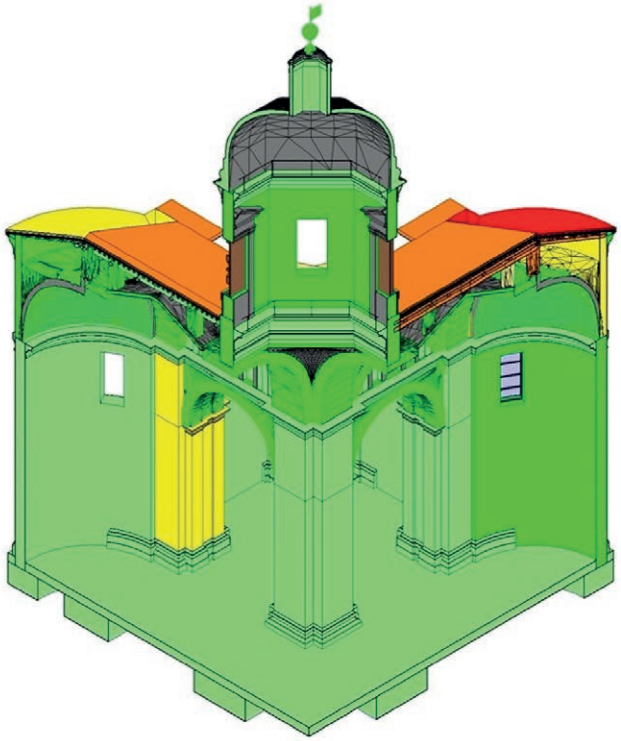
– Environmental: the introduction of digital tools for 3D modelling and H-BIM enables more efficient conservation management by reducing invasive interventions and optimising preventive maintenance. The DAP protocol adopted by the spin-off allows for the objective evaluation of data quality and reusability, thereby improving the sustainability of surveying activities and the management of heritage assets.
– Economic: within its first five years of activity, INCEPTION has contributed to the creation of a new market segment within the creative industries and among Cultural Heritage managers. It has delivered services to public institutions, private entities, and international stakeholders. The entrepreneurial approach has supported the launch of three national projects and seven international ones, generating substantial investment in the field of digitisation. Notably, agreements have been established with national (MIC and Emilia-Romagna Region) and international (Europeana Foundation) institutions and organisations.
– Socio-cultural: the co-production of knowledge involving cultural institutions, research bodies, and professionals as well as the training activities promoted has enhanced the dissemination of competences, helping bridge digital divides, including those of a territorial nature.

During its first five years of operation, the spin-off has made a tangible contribution to European objectives and to Italy's National Plan for the Digitisation of Cultural Heritage (PND), producing over 80 3D models of Cultural Heritage assets, developing new cultural interaction interfaces, reducing management costs for partner institutions, and disseminating content through interoperable platforms.









Conclusions

INCEPTION represents a significant example of university Third Mission engagement, in which scientific research has generated applied value, triggering positive impacts in cultural, social, and economic contexts.

The effectiveness of the model is enhanced by the spin-off's ability to operate within complex ecosystems that include universities, institutions, enterprises, and citizens aligning with the "quadruple helix" innovation framework promoted by European policy.

In particular, the activities presented illustrate how the integration of advanced digital technologies can radically transform the management, enhancement, and accessibility of Cultural Heritage.

The approach, grounded in co-development, participation, and training, serves as a strategic lever to promote a shared culture of digitalisation, capable of addressing both environmental and cultural emergencies.

– "economico", nell'arco dei primi cinque anni di attività, INCEPTION ha contribuito alla creazione di un nuovo segmento di mercato all'interno delle industrie creative e gestori di beni culturali, offrendo servizi a istituzioni pubbliche, enti privati e stakeholder internazionali. L'approccio imprenditoriale ha favorito l'attivazione di 3 nuovi progetti nazionali e 7 internazionali generando importanti investimenti nel campo della digitalizzazione. Importanti sono anche gli accordi stipulati con enti e organizzazioni nazionali (MIC e Regione Emilia-Romagna) e internazionali (*Europeana Foundation*);
– "socio-culturale", la co-produzione di conoscenze con il coinvolgimento di istituzioni culturali, enti di ricerca e professionisti nonché le attività formative promosse hanno migliorato la diffusione di competenze, contribuendo a colmare divari digitali anche di tipo territoriale.

Nel primo quinquennio di attività lo *spin-off* ha concretamente contribuito agli obiettivi europei e al PND creando più di 80 modelli tridimensionali di beni culturali, proponendo nuove interfacce di fruizione culturale, riduzione dei costi di gestione per gli enti partner e diffusione di contenuti attraverso piattaforme interoperabili.

Conclusioni

INCEPTION costituisce un esempio significativo di Terza Missione universitaria in cui la ricerca scientifica ha generato valore applicato, innescando ricadute positive nei contesti culturali, sociali ed economici.

L'efficacia del modello è amplificata dalla capacità dello *spin-off* di operare all'interno di ecosistemi complessi che includono università, istituzioni, imprese e cittadini, in linea con i modelli a "quadrupla elica" descritti nelle politiche europee per l'innovazione.

In particolare, le attività presentate documentano come l'integrazione di tecnologie digitali avanzate siano in grado di trasformare radicalmente le modalità di gestione, valorizzazione e accessibilità del patrimonio. L'approccio basato su co-sviluppo, partecipazione e formazione, rappresenta così una leva per promuovere una cultura condivisa della digitalizzazione, in grado di rispondere a emergenze ambientali e culturali.

REFERENCES

Di Giulio, R., Maietti, F., Piaia, E., Medici, M., Ferrari, F. and Turillazzi, B. (2017), "Integrated data capturing requirements for 3D semantic modelling of cultural heritage: The INCEPTION protocol", *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Vol. XLII-2/W3, pp. 251-257. Available at: https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-2-W3-251-2017.

European Commission (2021), *Commission Recommendation (EU) 2021/1970 of 10 November 2021 on a common European data space for Cultural Heritage*, C/2021/7953. Available at: https://data.europa.eu/eli/reco/2021/1970/oj (Accessed on 30/06/2025).

European Commission (2022), *Study on quality in 3D digitisation of tangible cultural heritage: mapping parameters, formats, standards, benchmarks, methodologies, and guidelines*, VIGIE 2020/654, Brussels, April 2022, ISBN 978-92-76-37858-7. Available at: https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/dc1c4098-b551-11ec-b6f4-01aa75ed71a1/language-en (Accessed on 30/06/2025).

Frondizi, R. (2020), *La Terza Missione delle Università. Strategia, Valutazione e Performance*, Giappichelli Editore, Torino.

Iadanza, E., Maietti, F., Ziri, A.E., Di Giulio, R., Medici, M., Ferrari, F., Bonsma, P. and Turillazzi, B. (2019), "Semantic web technologies meet BIM for accessing and understanding cultural heritage", *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Sciences*, Vol. XLII-2/W9, pp. 381-388. Available at: https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-2-W9-381-2019.

Maietti, F., Di Giulio, R., Medici, M., Ferrari, F., Piaia, E. and Brunoro, S. (2021), "Accessing and Understanding Heritage Buildings through ICT. The INCEPTION Methodology Applied to the Istituto degli Innocenti", *International Journal of Architectural Heritage*, Vol. 15, n. 6, pp. 921-930. Available at: https://doi.org/10.1080/15583058.2019.1683780.

Ministero della Cultura (2023), *Piano Nazionale di digitalizzazione del patrimonio culturale 2022-2023*, Versione 1.1. Available at: https://docs.italia.it/italia/icdp/icdp-pnd-docs/it/v1.1-febbraio-2023/index.html (Accessed on 30/06/2025).

Ministero della Cultura, Istituto Centrale per la Digitalizzazione del Patrimonio Culturale – Digital Library (2022), *Linee guida per la digitalizzazione 3D*. Available at: https://partecipa.gov.it/rails/active_storage/blobs/eyJfcmFpbHMiOnsibWVzc2FnZSI6IkJBaHBBckVEIiwiZXhwIjpudWxsLCJwdXIiOiJibG9iX2lkIn19--e6261f804e2816121f2408e058cf07622682c70c/M1C3_1.1.1_Linee%20guida%20per%20la%20digitalizzazione%203D_v3.pdf (Accessed on 30/06/2025).

Digital Twins per il monitoraggio e la gestione del costruito: un approccio integrato

Just Accepted: May 26, 2025 **Published:** November 06, 2025

Spartaco Paris[1], https://orcid.org/000-0003-4244-8105 spartaco.paris@uniroma1.it
Vincenzo Gattulli[1], https://orcid.org/0000-0002-5336-3687 vincenzo.gattulli@uniroma1.it
Roberto Bianchi[1], https://orcid.org/0000-0001-6318-3711 roberto.bianchi@uniroma1.it
Elisa Pennacchia[2], https://orcid.org/0000-0001-8775-9711 elisa.pennacchia@uniroma1.it
Cecilia Rinaldi[1], https://orcid.org/0000-0003-4178-1467 cecilia.rinaldi@uniroma1.it
Marianna Crognale[1], https://orcid.org/0000-0002-2190-1866 marianna.crognale@uniroma1.it
[1] Dipartimento di Ingegneria strutturale e geotecnica, Sapienza Università di Roma, Italia
[2] Dipartimento di Architettura e Progetto, Sapienza Università di Roma, Italia

Abstract. Nell'ambito delle opportunità di trasferimento tecnologico promosse dalla terza missione della ricerca, il contributo illustra l'attività di una start-up Sapienza impegnata in un progetto finanziato sugli ecosistemi d'innovazione territoriale, TECNODIGIT, co-finanziato dal PNRR. La ricerca applicata esplora l'uso innovativo dei Digital Twin in ingegneria civile e architettura attraverso due casi studio: l'infrastruttura dei Laboratori Nazionali del Gran Sasso e l'Esedra nei Musei Capitolini nella quale è esposto il monumento equestre di Marco Aurelio. Integrando sensori IoT e modelli BIM, il progetto mira a sviluppare metodologie avanzate per il monitoraggio automatizzato, la manutenzione e l'ispezione del costruito. Selezionato da Rome Technopole, il progetto combina automazione, analisi in tempo reale e machine learning, contribuendo alla digitalizzazione del settore delle costruzioni.

Parole chiave: Imprenditorialità accademica; *Sustainable built environment*; *Digital twin*; *Structural Health monitoring*; *Energy*.

Introduzione

Il trasferimento di tecnologie e conoscenze costituisce un elemento strategico per ridurre il divario tra ricerca accademica e applicazioni industriali, promuovendo l'innovazione e accrescendo la competitività dei settori produttivi. Nell'ambito dell'imprenditorialità accademica, strumenti quali brevetti, spin-off, start-up, innovation center e incubatori rivestono un ruolo fondamentale nella valorizzazione dei risultati della ricerca, favorendone lo sviluppo e l'applicazione in contesti esterni alle istituzioni universitarie e determinando competitività e crescita economica.

Questa dinamica trova applicazione anche in settori tradizionalmente meno inclini all'innovazione, come quello delle costruzioni, che negli ultimi anni ha iniziato a integrare soluzioni digitali tecnologicamente avanzate per la gestione del costruito (Carpo, 2017; Ortega, 2017). L'introduzione del *Building Information Modeling* (BIM) ha agito da trampolino di lancio verso l'impiego di paradigmi digitali avanzati, capaci di ottimizzare costi, semplificare processi complessi e fornire strumenti utili a tutta la filiera della costruzione, nonché agli utenti finali. Il BIM viene definito dalla UNI EN ISO 19650-1:2018 come «uso di una rappresentazione digitale condivisa di un bene costruito per facilitare i processi di progettazione, costruzione e gestione, al fine di formare una base affidabile per le decisioni».
Le tecnologie digitali e la loro interazione costituiscono i principali motori della cosiddetta Edilizia 4.0 (Bai *et al*., 2020; Ciribini *et al*., 2019; Grabowska *et al*., 2022; Ikudayisi *et al*., 2023; Mateev, 2020; X. Wang *et al.,* 2023), con l'adozione di strumenti come l'intelligenza artificiale (AI), l'apprendimento automatico (ML), le tecnologie semantiche, l'analisi dei *Big Data*, la *Blockchain*, l'*Internet of Things* (IoT) e il Cloud computing. Parallelamente alla quinta rivoluzione industriale, si inizia ora a parlare di Edilizia 5.0, un modello che promuove la trasparenza delle informazioni, l'inclusività dei processi, la decentralizzazione decisionale, la continuità nei flussi di dati, l'automazione, l'interconnessione e l'interoperabilità tra le tecnologie (Iku-

Digital Twins for Monitoring and Managing the Built Environment: An Integrated Approach

Abstract. Within the framework of technology transfer opportunities promoted by the third mission of research, this paper presents the activities of a Sapienza start-up engaged in a funded project on territorial innovation ecosystems, TECNODIGIT, co-financed by the PNRR. The applied research explores the innovative use of Digital Twins in civil engineering and architecture through two case studies, namely the infrastructure of the Gran Sasso National Laboratories, and the Esedra in the Capitoline Museums, where the equestrian monument of Marcus Aurelius is exhibited. By integrating IoT sensors and BIM models, the project aims to develop advanced methodologies for automated monitoring, maintenance, and inspection of the built environment. Selected by Rome Technopole, the project combines automation, real-time analysis, and machine learning, contributing to the digitalisation of the construction sector.

Keywords: academic entrepreneurship; sustainable built environment; digital twin; structural health monitoring; energy.

Introduction

The transfer of technology and knowledge is a strategic driver for narrowing the gap between academic research and industrial applications, fostering innovation, and enhancing the competitiveness of productive sectors. Within the realm of academic entrepreneurship, mechanisms such as patents, spin-offs, start-ups, innovation centres, and incubators play a crucial role in leveraging research outcomes, facilitating their development and application beyond academic institutions, and contributing to economic growth and competitiveness.
This dynamic is also evident in sectors traditionally less receptive to innovation, such as the construction industry, which in recent years has begun to incorporate technologically advanced digital solutions to manage the built environment (Carpo, 2017; Ortega, 2017).
The introduction of Building Information Modelling (BIM) has served as a springboard for the adoption of advanced digital paradigms, capable of optimising costs, streamlining complex processes, and providing effective tools for the entire construction supply chain, as well as for end users. BIM is defined by UNI EN ISO 19650-1:2018 as the "use of a shared digital representation of a built asset to facilitate design, construction and operation processes to form a reliable basis for decisions."
Digital technologies and their interplay constitute the primary drivers of the so-called Construction 4.0 (Bai *et al*., 2020; Ciribini *et al*., 2019;

ISSN online: 2239-0243 | © 2025 Author(s) | http://www.fupress.com/techne | DOI: 10.36253/techne-17492
Open access, peer-reviewed article published by Firenze University Press (https://www.fupress.com) and distributed, except where otherwise noted, under the terms of the CC BY 4.0 License for content and CC0 1.0 Universal for metadata

dayisi *et al.,* 2023; X. Wang *et al.,* 2023; Trombadore *et al.,* 2023). Per affrontare queste sfide, è necessario sviluppare strumenti innovativi che orientino il settore verso una transizione digitale, in grado di generare impatti positivi sia sul piano sociale che economico.

In questo contesto si inserisce l'attività svolta dalla *start-up* BEST Design S.r.l. di Sapienza che mira a ottimizzare la gestione dell'ambiente costruito attraverso lo sviluppo e l'applicazione di tecnologie digitali avanzate. Attraverso la creazione di rappresentazioni digitali accurate e dinamiche delle strutture fisiche, il progetto sviluppa metodologie e tecnologie per i processi di monitoraggio, manutenzione e gestione complessiva, garantendo sicurezza, efficienza e sostenibilità.

La *start-up* ha focalizzato il suo lavoro sulla realizzazione di modelli BIM, che ha permesso di ottimizzare la progettazione e la gestione delle informazioni relative agli edifici, migliorando la collaborazione tra i vari attori coinvolti nei progetti e riducendo al minimo gli errori durante le fasi di costruzione. Inoltre, BEST Design ha condotto attività sperimentali fondamentali per una maggiore conoscenza di edifici e infrastrutture esistenti, tra cui misure sperimentali, prove di caratterizzazione dinamica e analisi modali operazionali. Questi approcci, integrati con il BIM, hanno arricchito la conoscenza e la gestione delle strutture esistenti, fornendo un quadro preciso delle loro performance e potenzialità.

L'innovazione derivante dalle attività della *start-up* ha contribuito in modo significativo al progresso delle condizioni tecnologiche, generando di conseguenza rilevanti benefici economici e sociali per enti pubblici (quali municipalità, Area Gestione Edilizia dell'Università Sapienza, strutture ospedaliere) e privati (ad esempio studi di architettura e ingegneria). Attraverso l'ottimizzazione dei processi di gestione del patrimonio costruito, tali innovazioni hanno consentito una gestione più efficiente delle risorse, sia in fase di costruzione che in fase di manutenzione degli edifici, per una maggiore sostenibilità.

Dall'integrazione di questi *know-how*, che combinano il BIM con l'analisi e l'interpretazione dei dati raccolti direttamente dalle strutture, BEST Design ha visto la sua naturale evoluzione verso la realizzazione di *Digital Twin* (DTw), un passo fondamentale per l'ottimizzazione della gestione operativa e della manutenzione predittiva delle infrastrutture (Davila Delgado and Oyedele,2021; Mahmoodian *et al.*, 2022). Il DTw, definito dalla ISO/IEC 30173:2023 come "Rappresentazione digitale di un'entità target con connessioni dati che consentono la convergenza tra gli stati fisico e digitale a un tasso di sincronizzazione appropriato", consente di ottenere una visione dinamica delle performance delle strutture e degli impianti, migliorando la loro gestione operativa.

Il percorso di crescita diBEST Design è stato ulteriormente rafforzato dalla partecipazione a progetti di ricerca, come il progetto TECNODIGIT, finanziato dal Bando a cascata Sapienza per progetti collaborativi di ricerca nell'ambito di Rome Technopole (Spoke 1 e 6). Il progetto, coinvolgendo le due università abruzzesi dell'Aquila e di Chieti-Pescara, e tre società con il coordinamento di BEST Design, mira a sviluppare un sistema di Digital Twin per ottimizzare la gestione del costruito, migliorando la sostenibilità energetica e ambientale degli edifici, monitorando in tempo reale la sicurezza delle strutture e fornendo analisi dinamiche per la gestione operativa.

Grabowska *et al.*, 2022; Ikudayisi *et al.*, 2023; Mateev, 2020; X. Wang *et al.*, 2023), characterised by the adoption of tools such as Artificial Intelligence (AI), Machine Learning (ML), semantic technologies, Big Data analytics, Blockchain, the Internet of Things (IoT), and Cloud computing. In parallel with the Fifth Industrial Revolution, the concept of Construction 5.0 is beginning to emerge – a model that promotes information transparency, inclusive processes, decentralised decision-making, continuous data flows, automation, interconnectivity, and interoperability among technologies (Ikudayisi *et al.*, 2023; X. Wang *et al.*, 2023; Trombadore *et al.*, 2023). Addressing these challenges requires the development of innovative tools, which can guide the sector through a digital transition capable of generating positive social and economic impacts.

In this context, the activities of the Sapienza start-up BEST Design S.r.l. aim to optimise management of the built environment through the development and application of advanced digital technologies. By creating accurate and dynamic digital representations of physical structures, the project develops methodologies and technologies for monitoring, maintenance, and overall management processes, ensuring safety, efficiency, and sustainability. The startup focused its efforts on the development of BIM models, which enabled optimisation of design processes and the management of building-related information, thereby enhancing collaboration among the various stakeholders involved in projects, and minimising errors during the construction phases. In addition, BEST Design carried out fundamental experimental activities aimed at improving the understanding of existing buildings and infrastructures, including experimental measurements, dynamic characterisation tests, and operational modal analyses. These approaches, when integrated with BIM, enriched the knowledge and management of existing structures, providing an accurate picture of their performance and potential.

The innovation resulting from the start-up's activities has significantly contributed to advancing technological capabilities, thereby generating substantial economic and social benefits for both public entities (such as municipalities, the Building Management Department of Sapienza University, and healthcare facilities), and private stakeholders (including architectural and engineering firms). By making the most of built heritage management processes, these innovations have enabled a more efficient use of resources, both during the construction phase and in the maintenance of buildings, leading to greater sustainability. From the integration of such know-how, which combine BIM with the analysis and interpretation of data directly collected from structures, BEST Design has naturally evolved toward the creation of Digital Twins (DT), a crucial step for optimising operational management and predictive maintenance of infrastructures (Davila Delgado and Oyedele, 2021; Mahmoodian *et al.*, 2022).

The Digital Twin (DTw), defined by ISO/IEC 30173:2023 as «a digital representation of a target entity with data connections that enable convergence between the physical and digital states at an appropriate synchronisation rate», enables dynamic understanding of the performance of struc-

Metodologia

Lo sviluppo di *Digital Twins* per l'ambiente costruito segue un approccio articolato in più fasi, ciascuna fondamentale per garantire la creazione di modelli virtuali precisi e dinamici che riflettano fedelmente il comportamento e le performance degli edifici. La prima fase prevede l'implementazione della metodologia Building Information Modeling (BIM), che consente di creare un modello virtuale dettagliato dell'edificio. Questo approccio favorisce una collaborazione ottimizzata tra i team di progettazione, costruzione e gestione, migliorando la condivisione delle informazioni e riducendo al minimo gli errori durante il processo costruttivo.

Segue la fase di modellazione, durante la quale si sviluppano modelli fisici in grado di simulare il comportamento dell'edificio in tempo reale e di valutare diversi scenari di danno.

Successivamente, si integra l'*Internet of Things* (IoT), connettendo dispositivi e sensori all'interno dell'infrastruttura per lo scambio continuo di dati in tempo reale. Questa fase permette di monitorare e gestire l'ambiente costruito in modo efficiente e dinamico, raccogliendo informazioni vitali sulle condizioni strutturali e energetiche. Parallelamente, si sfrutta l'*Intelligenza Artificiale* (IA) e il *Machine Learning* (ML) per analizzare i dati raccolti, prevedere le prestazioni future e implementare strategie di manutenzione predittiva. Questi strumenti avanzati offrono insight utili per ottimizzare l'efficienza operativa e ridurre i costi.

La fase di integrazione e calibrazione dei modelli è cruciale per affinare le simulazioni, utilizzando i dati raccolti per ottimizzare la precisione delle previsioni. Una volta realizzati i digital twin, si implementa la fase di monitoraggio continuo, che consente di raccogliere nuovi dati operativi, aggiornando e adattando i modelli alle condizioni effettive dell'edificio. Infine, l'analisi predittiva e l'ottimizzazione vengono utilizzate per testare scenari futuri, consentendo una gestione proattiva delle risorse energetiche e una manutenzione predittiva delle strutture.

Questo modello virtuale facilita l'ottimizzazione delle operazioni e la manutenzione automatizzata. L'uso di tecnologie come la Realtà Aumentata, Virtuale e Mista consente di creare esperienze immersive che migliorano la simulazione, la comunicazione e la visualizzazione delle informazioni in tempo reale. Inoltre, l'integrazione di Robotica e Automazione supporta l'automazione dei processi di costruzione e manutenzione e la gestione decentralizzata dei dati, contribuendo ad aumentare efficienza e sicurezza operativa.

Tuttavia, l'implementazione di un *Digital Twin* presenta alcune criticità legate alla gestione dell'infrastruttura digitale. Tra queste, la sicurezza dei server e la scelta tra soluzioni locali o cloud, entrambe con specifici vantaggi e rischi. È essenziale stabilire modalità di accesso sicure, con livelli di autorizzazione e protocolli adeguati alla protezione dei dati. Un ulteriore aspetto cruciale è il trasferimento efficiente dei dati verso una piattaforma *user-friendly*, che permetta all'utente finale di accedere a visualizzazioni intuitive dei dati già elaborati, facilitando così l'interpretazione dei risultati e il processo decisionale.

Un progetto pilota

Il progetto TECNODIGIT è stato l'unico selezionato tra le 19 proposte per Rome Technopole nell'ambito disciplinare dell'Ingegneria Civile e dell'Architettura, essendosi distinto per l'applicazione innovativa del DT sul costruito, combinando tec-

tures and systems, thereby enhancing their operational management. The growth trajectory of BEST Design has been further strengthened through its involvement in research projects, such as the TECNODIGIT project, funded by the Sapienza Cascade Call for collaborative research projects within the framework of Rome Technopole (Spokes 1 and 6). The project, which involves the two universities of Abruzzo – L'Aquila and Chieti-Pescara – and three companies under the coordination of BEST Design, aims to develop a Digital Twin system to optimise built environment management. Its objectives include improving the energy and environmental sustainability of buildings, enabling real-time structural safety monitoring, and providing dynamic analytics to support operational management.

Methodology

The development of Digital Twins for the built environment follows a multiphase approach, with each phase being crucial to ensuring the creation of accurate and dynamic virtual models that faithfully reflect the behaviour and performance of buildings. The first phase involves implementation of Building Information Modelling (BIM) methodology, which allows for the creation of a detailed virtual model of the building. This approach promotes excellent collaboration among design, construction, and management teams, enhancing information sharing and minimising errors during the construction process.

The next phase is modelling, during which physical models are developed to simulate the building's behaviour in real-time, and to assess various damage scenarios. Subsequently, the Internet of Things (IoT) is integrated, connecting devices and sensors within the infrastructure to enable continuous real-time data exchange. This phase allows for efficient and dynamic monitoring and management of the built environment, collecting vital information on structural and energy conditions. In parallel, Artificial Intelligence (AI) and Machine Learning (ML) are leveraged to analyse the collected data, predict future performance, and implement predictive maintenance strategies. These advanced tools provide valuable insights to optimise operational efficiency and reduce costs.

The integration and calibration phase of the models is crucial for refining simulations, using the collected data to enhance the accuracy of predictions. Once the Digital Twins are created, continuous monitoring is implemented, allowing for the collection of new operational data, updating, and adapting the models to the actual conditions of the building. Finally, predictive analysis and optimisation are used to test future scenarios, enabling proactive energy resource management and predictive maintenance of structures.

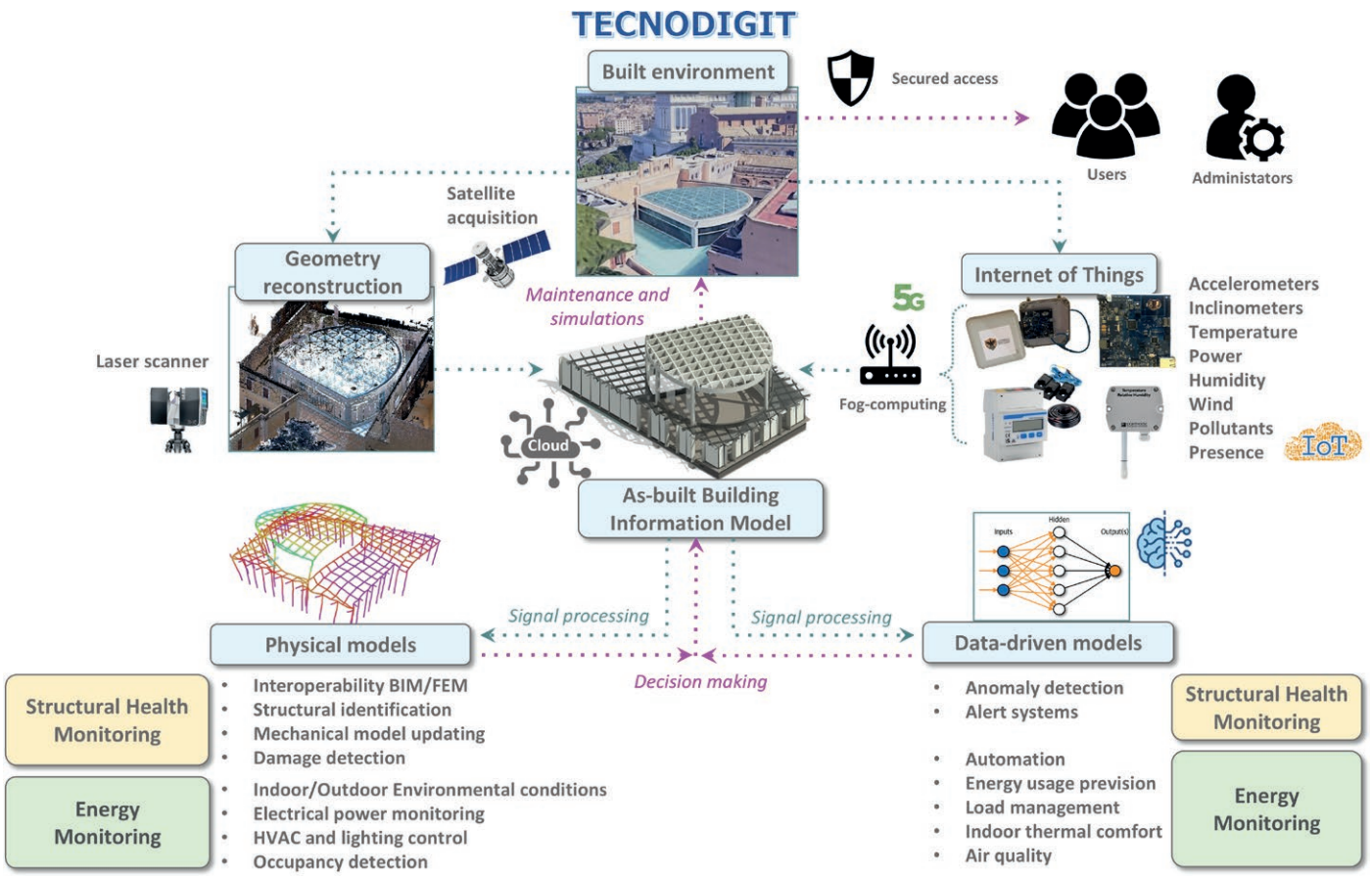
This virtual model facilitates optimisation of operations and the automation of maintenance activities. The use of technologies such as Augmented, Virtual, and Mixed Reality enables the creation of immersive experiences, which enhance simulation, communication, and real-time visualisation of information. Furthermore, the integration of Robotics and Automation supports the automation of construction and maintenance processes, as well as decentralised management of data, contributing to increased efficiency and operational safety.

However, the implementation of a Digital Twin also presents several

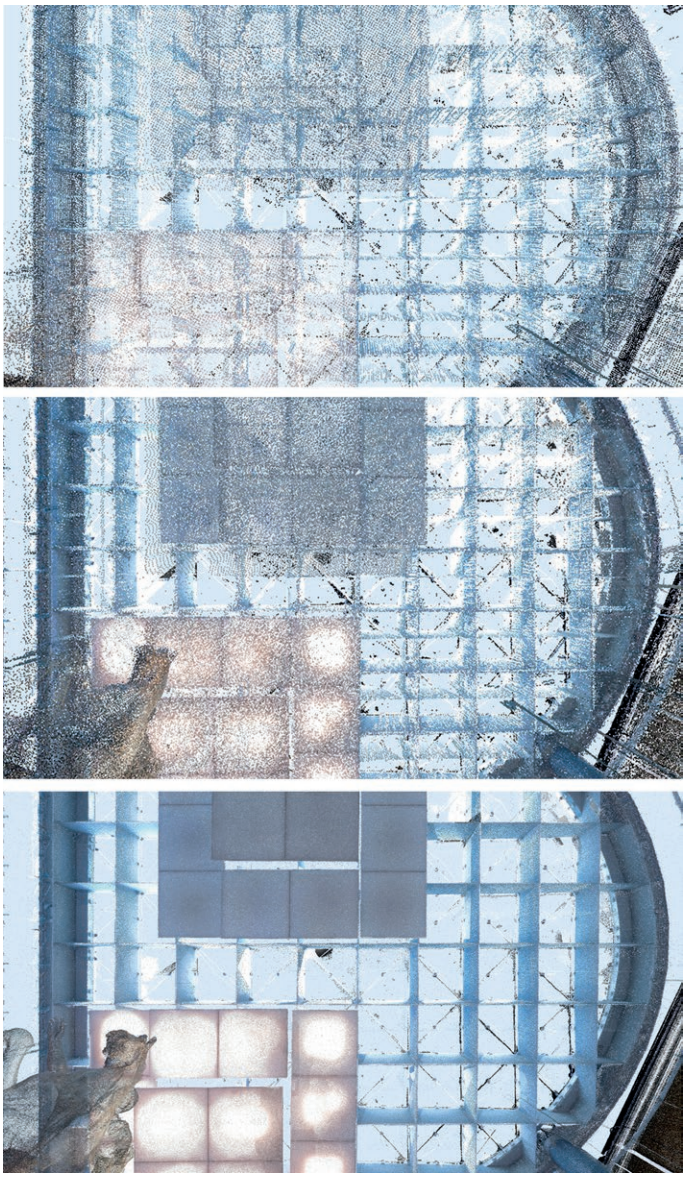
nologie avanzate di automazione per ispezione, manutenzione e monitoraggio continuo delle strutture.
La proposta si concentra sull'adozione di un elevato livello di automazione, in grado di garantire un miglioramento significativo degli standard di utilizzo dei beni oggetto di studio. Il progetto si inserisce nel contesto della *twin transition*, sia digitale che energetica con un particolare focus sull'ottimizzazione delle strutture strategiche e sulla salvaguardia dei beni culturali. Il progetto intende perfezionare la tecnologia da laboratorio, con Technology Readiness Level (TRL) sperimentale 3/4, testandola in condizioni operative su casi studio reali, TRL 5/6. Scopo del progetto è quello di sviluppare soluzioni avanzate per l'ispezione, la manutenzione e il monitoraggio delle strutture edilizie, con particolare attenzione all'integrazione delle tecnologie automatizzate e al miglioramento delle performance strutturali ed energetiche.

Il Digital Twin dell'Esedra di Marco Aurelio
L'Esedra di Marco Aurelio, situata nel complesso dei Musei Capitolini, è un sito di enorme valore storico e culturale, che ospita la statua equestre dell'imperatore.
È una sala moderna progettata da Carlo Aymonino nel Palazzo dei Conservatori, in vetro e acciaio. Sostenuta da sei colonne circolari, presenta una cupola vetrata su due livelli, collegati da pannelli vetrati e sorretti da una trave ellittica.
Il progetto mira a dotare l'Esedra di un sistema di monitoraggio strutturale avanzato, integrando i dati in ambiente BIM per migliorare l'analisi e la gestione del patrimonio culturale (Fig. 1). La Soprintendenza dei Musei Capitolini supervisiona l'iniziativa, volta a sperimentare tecnologie digitali su edifici storici complessi. Per un rilievo geometrico preciso, è stata utilizzata la scansione laser 3D, generando una nuvola di punti e un modello BIM As-Built dopo un'attenta pianificazione delle acquisizioni (Fig. 2). Per monitorare la risposta strutturale dinamica dell'Esedra di Marco Aurelio, è stato installato un sistema di monitoraggio continuo basato su accelerometri MEMS triassialii, che misurano in tempo reale le vibrazioni della struttura. I dati raccolti vengono trasmessi a un nodo gateway centrale e resi accessibili da remoto tramite cloud. Questi dati vengono elaborati per stimare i principali parametri dinamici strutturali. Tale processo, noto come identificazione strutturale, consente di comprendere

01 |



02| Sequenza di immagini dell'Esedra di Marco Aurelio relativa all'elaborazione della nuvola di punti nel processo di modellizzazione digitale
Sequence of images of the Esedra of Marcus Aurelius showing point cloud processing in digital modelling



il comportamento dinamico dell'edificio. Ogni struttura, infatti, è caratterizzata da un proprio comportamento vibratorio, descritto da frequenze naturali, forme modali e smorzamenti, che riflettono le sue proprietà fisiche. Variazioni nel tempo di tali parametri possono indicare l'insorgenza di anomalie o fenomeni di degrado, come l'allentamento di un nodo, la fessurazione di un elemento strutturale o una perdita localizzata di rigidezza. In particolare, il monitoraggio delle frequenze naturali di vibrazione permette di rilevare in modo non invasivo informazioni cruciali sulla rigidezza e sull'integrità dell'intera struttura.
Un elemento chiave di questa analisi è la densità spettrale di potenza (PSD), una funzione che rappresenta la distribuzione della potenza del segnale in funzione della frequenza. La PSD consente di individuare le frequenze dominanti attraverso i picchi presenti nello spettro, che corrispondono alle frequenze naturali della struttura. In Fig. 03 sono mostrati la serie temporale delle accelerazioni e la PSD relativi ai dati acquisiti dal sistema di monitoraggio implementato sull'Esedra. Le prime tre frequenze naturali della struttura sono chiaramente evidenziate dai picchi presenti nello spettro (3.03 Hz, 3.52 Hz e 4.78 Hz) (Fig. 3).
Le frequenze naturali identificate attraverso l'analisi dei dati vibrazionali forniscono informazioni fondamentali sul comportamento dinamico della struttura, costituendo la base per la calibrazione e l'aggiornamento di un modello fisico agli elementi finiti. Questo consente di individuare potenziali danni strutturali e di prevedere l'evoluzione del sistema nel tempo.
Parallelamente, una fase di apprendimento offline è prevista per addestrare modelli *data-driven* basati su tecniche di machine learning, finalizzati alla diagnosi della salute strutturale e

challenges related to the management of the digital infrastructure. These include server security and the choice between on-premises and cloud-based solutions, each of which entails specific advantages and risks. Establishing secure access protocols – with appropriate authorisation levels and data protection measures – is essential. Another crucial aspect is the efficient transfer of data to a user-friendly platform, allowing end users to access intuitive visualisations of processed data, thereby facilitating result interpretation and informed decision-making.

A Pilot Project
The TECNODIGIT project was the only proposal selected among 19 submissions for Rome Technopole within the disciplinary field of Civil Engineering and Architecture, having distinguished itself through the innovative application of the Digital Twin to the built environment. The project combines advanced automation technologies for inspection, maintenance, and continuous monitoring of structures.
The proposal emphasises the adoption of a high level of automation aimed at significantly improving the standards of use for the assets under study. It is framed within the broader context of the twin transition – both digital and energy-related – with a specific focus on optimising strategic infrastructures, and on preserving cultural heritage assets. The project aims to mature laboratory-based technology, currently at an experimental Technology Readiness Level (TRL) of 3/4, by testing it under real operational conditions with selected case studies, reaching TRL 5/6. The ultimate goal is to develop advanced solutions for the inspection, maintenance, and monitoring of building structures, with particular attention to the integration of automated technologies and the enhancement of structural and energy performance.

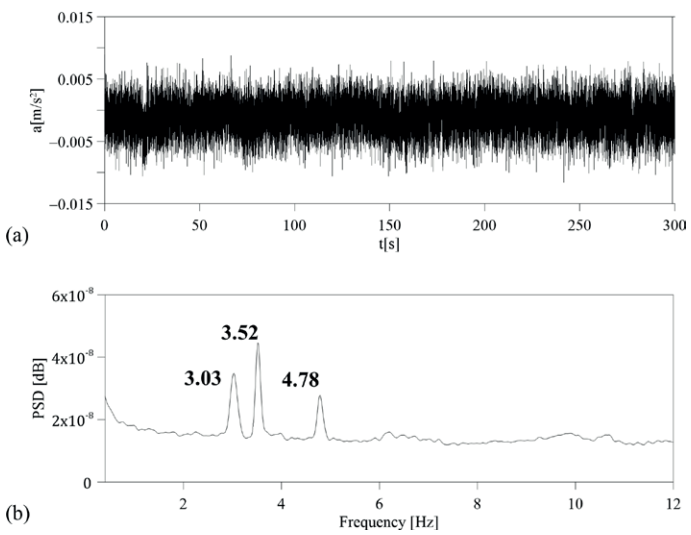
The Digital Twin of the Exedra of Marcus Aurelius
The Esedra of Marcus Aurelius, located within the Capitoline Museums complex, is a site of outstanding historical and cultural significance, housing the emperor's equestrian statue.
It is a modern hall designed by Carlo Aymonino within the Palazzo dei Conservatori, constructed in glass and steel. Supported by six circular columns, it features a glazed dome spanning two levels, connected by glass panels and sustained by an elliptical beam.
The project aims to equip the Esedra with an advanced structural health monitoring system, integrating the acquired data within a Building Information Modelling (BIM) environment to enhance analysis and management of cultural heritage assets (Fig. 01). The initiative is overseen by the Superintendence of the Capitoline Museums, and serves as a pilot study for the application of digital technologies to complex historical buildings. For precise geometric surveying, 3D laser scanning was employed, producing a point cloud and an As-Built BIM model following a carefully planned acquisition campaign (Fig. 02).
To monitor the dynamic structural response of the Esedra of Marcus Aurelius, a continuous monitoring system was installed using triaxial MEMS accelerometers, which measure the structure's vibrations in real time. The data are transmitted to a central gateway node and made remotely accessible via a cloud-based platform. These data are processed to estimate key structural

03| Serie temporale delle accelerazioni (a) e densità spettrale di potenza (b) per l'identificazione delle frequenze naturali dell'Esedra dei Musei Capitolini
Time series of accelerations (a) and power spectral density (b) to identify the natural frequencies of the Esedra at the Capitoline Museums

alla pianificazione degli interventi di controllo. I dati etichettati relativi a possibili scenari di danno vengono generati utilizzando il modello fisico agli elementi finiti (Torzoni *et al*., 2024).
Il *Digital Twin* dell'Esedra di Marco Aurelio integra questi dati all'interno del modello BIM, abilitando una visualizzazione accurata e un'analisi continua dello stato strutturale. L'aggiornamento dinamico del modello digitale supporta previsioni sull'evoluzione della struttura e ottimizza le strategie di manutenzione, grazie anche all'utilizzo del formato IFC, che garantisce l'interoperabilità tra i diversi sistemi coinvolti nel processo.

Il Digital Twin dei Laboratori Nazionali del Gran Sasso
Il secondo caso di studio riguarda i Laboratori Nazionali del Gran Sasso, una struttura di ricerca situata in un contesto paesaggistico di grande rilevanza.
I Laboratori Nazionali del Gran Sasso, situati a 1.400 metri di profondità, offrono un ambiente ideale per la ricerca scientifica grazie alla riduzione della radiazione cosmica. L'accesso avviene tramite un tunnel stradale, e il complesso comprende tre gallerie principali: la Galleria A per la fisica delle particelle, la Galleria B per l'astrofisica e la Galleria C per la fisica nucleare.
BEST Design offre un'opportunità per migliorare le attività tecnico-ingegneristiche nei Laboratori Nazionali del Gran Sasso (in particolare nella galleria B), creando un'interfaccia digitale gemella dei laboratori sotterranei. Questo sistema integrerà dati provenienti da sensori altamente sensibili, capaci di rilevare minime variazioni dei parametri ambientali e strutturali, ottimizzando così la gestione delle attività nelle gallerie sotterranee.
Il laboratorio attraverso un progetto PNRR indipendente, presentato dall'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, ha potenziato il sistema di monitoraggio strutturale, ambientale, sismico e idraulico, finalizzato al controllo e alla sicurezza dell'infrastruttura attraverso l'installazione ed il cablaggio di numerosi sensori. Il monitoraggio strutturale consentirà l'individuazione di fenomeni tenso-deformativi mediante l'impiego di celle di carico, martinetti piatti, barrette estensimetriche e clinometri biassiali. Il monitoraggio vibrometrico utilizzerà accelerometri per rilevare effetti sismici e disturbi derivanti da attività quotidiane, quali il transito di veicoli o l'apertura dei portoni, con il supporto di sensori laser per una registrazione precisa delle sollecitazioni. Il monitoraggio ambientale sarà rivolto all'analisi di fattori potenzialmente interferenti con le attività sperimentali, tra cui rumore, campi elettromagnetici, concentrazione di gas radon e microclima (temperatura e umidità), con sensori distribuiti in ogni sala. Infine, il monitoraggio idraulico controllerà le portate della rete di drenaggio tramite sensori installati nelle tubazioni, assicurando una gestione dinamica dei dati e la sicurezza del laboratorio.
Il sistema di monitoraggio prevede una rete di sensori cablati e centraline che trasmetteranno i dati a un centro di controllo, dove i risultati saranno visualizzati in tempo reale su una piattaforma web. La supervisione dei sottosistemi sarà centralizzata in un sistema SCADA, che integrerà i dati raccolti e sarà gestito da due sale controllo, situate rispettivamente in un centro direzionale e all'ingresso dei laboratori. Sensori climatici ottimizzeranno le condizioni ambientali, migliorando sicurezza, comfort ed efficienza energetica.
Una simulazione del processo di gestione dei dati è illustrata in Fig. 4. È stato sviluppato un sistema integrato che combina le potenzialità delle API di *Autodesk Platform Services* con

dynamic parameters. This process, known as structural identification, enables to understand the building's dynamic behaviour. Every structure exhibits a unique vibrational response, characterised by natural frequencies, mode shapes, and damping ratios, which reflect its physical properties. Temporal variations in these parameters may indicate the onset of anomalies or degradation phenomena, such as loosening of connections, cracking of structural elements, or localised loss of stiffness. In particular, monitoring natural vibration frequencies allows for the non-invasive detection of critical information on the structure's stiffness and overall integrity.
A key aspect of this analysis is the Power Spectral Density (PSD), a function representing the signal's power distribution as a function of frequency. The PSD facilitates the identification of dominant frequencies through spectral peaks corresponding to the structure's natural frequencies. Figure 03 displays the acceleration time series and the corresponding PSD derived from the monitoring system installed on the Esedra. The first three natural frequencies of the structure are clearly identifiable as peaks in the spectrum (3.03 Hz, 3.52 Hz, and 4.78 Hz) (Fig. 03).
The natural frequencies identified from the vibration data analysis provide fundamental insights into the structure's dynamic behaviour, and form the basis for calibrating and updating a finite element (FE) physical model. This model enables the detection of potential structural damage, and supports forecasting the system's future evolution.
In parallel, an offline learning phase is planned to train data-driven models using machine learning techniques,



| 03

uno *script Python* ospitato su *GitHub*, progettato per acquisire e visualizzare i dati provenienti dai sensori installati all'interno della galleria. In particolare, il sistema è stato implementato per leggere e analizzare i dati relativi ai sensori di temperatura, rendendoli disponibili in tempo reale all'interno di un visualizzatore 3D interattivo, integrato nel modello digitale.
L'integrazione di sensori IoT e BIM permette il monitoraggio in tempo reale delle infrastrutture, con visualizzazioni grafiche delle condizioni ambientali. Tale strumento si rivela utile per la gestione ottimale delle operazioni in galleria, grazie a una valutazione continua dei livelli di emissione di CO_2, dei parametri di LCA sia dei singoli componenti sia dell'intero sistema, con accesso ai dati garantito tramite una piattaforma *cloud*.

Implicazioni culturali, pratiche e socio-economiche

Il progetto di creazione di gemelli digitali del costruito apporta significativi benefici, prolungando il ciclo di vita degli edifici e ottimizzando i processi di costruzione e manutenzione. L'integrazione di tecnologie avanzate consente una gestione efficiente dei dati, riducendo costi operativi e migliorando l'utilizzo delle risorse. Il monitoraggio continuo permette di prevenire guasti, ridurre rischi operativi e incrementare la sicurezza, anche attraverso l'impiego di automi per compiti pericolosi o ripetitivi.
Un aspetto centrale del progetto è la sostenibilità, con strategie per la *carbon neutrality* e modelli predittivi che riducono

aimed at structural health diagnosis and the planning of control interventions. Labelled datasets representing possible damage scenarios are generated using the finite element model (M. Torzoni *et al.*, 2024).
The Digital Twin of the Esedra of Marcus Aurelius incorporates these data into the BIM model, enabling accurate visualisation and continuous analysis of the structural condition. Dynamic updating of the digital model supports predictive assessments of the structure's behaviour, enhancing maintenance strategies. It is further facilitated by the use of the IFC format, which ensures interoperability among the various systems involved in the process.

The Digital Twin of the Gran Sasso National Laboratories
The second case study focuses on the Gran Sasso National Laboratories, a research facility located in a region of significant landscape value. Positioned 1,400 metres underground, the Gran Sasso National Laboratories offer an optimal environment for scientific research due to the attenuation of cosmic radiation. Access to the facility is provided through a road tunnel, and the complex consists of three main galleries: Gallery A for particle physics, Gallery B for astrophysics, and Gallery C for nuclear physics.
BEST Design offers an opportunity to enhance the technical and engineering activities at the Gran Sasso National Laboratories (specifically in Gallery B) by creating a digital twin interface of the underground laboratories. This system will integrate data from highly sensitive sensors capable of detecting even the slightest variations in environmental and structural parameters, thereby optimising management of activities within the underground galleries. Through an independent PNRR project presented by the National Institute for Nuclear Physics, the laboratory has enhanced its structural, environmental, seismic, and hydraulic monitoring system, aimed at infrastructure control and safety through the installation and wiring of numerous sensors.
Structural monitoring will enable the identification of tensile-deformative phenomena through the use of load cells, flat jacks, strain gauges, and bi-axial inclinometers. Vibrometric monitoring will employ accelerometers to detect seismic effects and disturbances caused by daily activities, such as vehicle traffic or the opening of gates, supported by laser sensors for precise stress recording. Environmental monitoring will focus on analysing factors that may interfere with experimental activities, including noise, electromagnetic fields, radon gas concentration, and microclimate (temperature and humidity), with sensors distributed in each room. Finally, hydraulic monitoring will track the flow rates of the drainage network through sensors installed in the pipes, ensuring dynamic data management and the safety of the laboratory.
The monitoring system consists of a network of wired sensors and control units, which transmit data to a control centre, where results are displayed in real time on a Web-based platform. Supervision of the subsystems is centralised within a SCADA system, which integrates the collected data and is managed from two control rooms located respectively at a management centre, and the entrance to the laboratories. Environmental sensors improve ambient conditions, enhancing safety, comfort, and energy efficiency.

le emissioni di CO_2 e ottimizzano l'efficienza energetica, migliorando la resilienza delle strutture ai cambiamenti climatici. Inoltre, l'uso di tecnologie digitali e IoT per la salvaguardia del patrimonio artistico favorisce la conservazione e l'accessibilità dei beni culturali. Il monitoraggio strutturale e ambientale, unito a soluzioni di realtà aumentata e virtuale, migliora la fruizione delle opere, garantendo al contempo una protezione più efficace del patrimonio storico e museale.
La digitalizzazione nel settore delle costruzioni migliora la gestione del patrimonio edilizio e promuove una cultura urbana più consapevole e partecipativa. L'uso di tecnologie come i *Digital Twin* aumenta la trasparenza nelle decisioni progettuali, favorendo la collaborazione tra professionisti e cittadini. La condivisione di dati consente a tutti gli attori, inclusi cittadini e amministrazioni, di monitorare sostenibilità e sicurezza. Inoltre, l'integrazione delle tecnologie digitali stimola nuove opportunità occupazionali, favorendo lo sviluppo di competenze innovative e migliorando il benessere economico della comunità. L'adozione di DTw e intelligenza artificiale implica rilevanti implicazioni etiche e giuridiche, in particolare rispetto alla responsabilità dei processi automatizzati, alla trasparenza informativa verso utenti non specializzati e all'affidabilità dei sistemi. È pertanto necessario garantire tracciabilità, verificabilità e criteri di accountability chiari, al fine di promuovere un impiego consapevole, sicuro e responsabile delle tecnologie.

Conclusioni e prospettive future

L'esperienza della *start-up* BEST Design e il progetto descritto hanno evidenziato il ruolo cruciale delle tecnologie digitali in ingegneria civile e architettura, con applicazioni concrete nell'Esedra di Marco Aurelio e nei Laboratori Nazionali del Gran Sasso. L'integrazione di sensori IoT, modelli BIM, Machine Learning e Intelligenza Artificiale ha sviluppato un sistema di monitoraggio predittivo, migliorando la sicurezza, l'efficienza e la sostenibilità. Questo approccio rappresenta un passo importante verso la transizione digitale del settore, orientato a modelli più sostenibili e tecnologicamente avanzati.
Il progetto TECNODIGIT offre prospettive future promettenti, grazie all'evoluzione dei *Digital Twin* e all'uso crescente di IoT, AI e *Machine Learning* per migliorare la gestione delle infrastrutture. L'integrazione di realtà aumentata, virtuale e automazione ottimizzerà ulteriormente la progettazione, costruzione e gestione, rendendo l'intero ciclo di vita degli edifici più trasparente, efficiente e resiliente.
Il progetto offre soluzioni applicabili a settori come il patrimonio culturale, la gestione urbana e la riqualificazione edilizia, puntando a una pianificazione urbana integrata e inclusiva. L'uso dei dati in tempo reale permette una gestione delle infrastrutture adattata alle esigenze della popolazione, migliorando sicurezza e comfort. Inoltre, favorisce il coinvolgimento dei cittadini nella conservazione del patrimonio esistente. Per raggiungere questi obiettivi, è necessario un impegno continuo nella ricerca e nello sviluppo tecnologico, supportato da collaborazioni tra università, *start-up* e industria, con l'obiettivo di promuovere soluzioni sostenibili e sicure per tutti.

A simulation of the data management process is illustrated in Fig. 04. An integrated system has been developed combining the capabilities of Autodesk Platform Services APIs with a Python script hosted on GitHub, designed to acquire and visualise data from sensors installed inside the gallery. Specifically, the system is implemented to read and analyse temperature sensor data, making it available in real time within an interactive 3D viewer integrated into the digital model.
The integration of IoT sensors and BIM enables real-time monitoring of the infrastructure, providing graphical visualisations of environmental conditions. This tool proves useful for optimal management of gallery operations through continuous evaluation of CO_2 emission levels and Life Cycle Assessment (LCA) parameters, both for individual components and the entire system, with data access ensured via a cloud platform.

Cultural, Practical, and Socio-Economic Implications

The project of creating digital twins of the built environment brings significant benefits, extending the life cycle of buildings and optimising construction and maintenance processes. The integration of advanced technologies enables efficient data management, reducing operational costs and improving resource utilisation. Continuous monitoring allows for the prevention of failures, the reduction of operational risks, and the enhancement of safety, including the use of automation for hazardous or repetitive tasks. A central aspect of the project is sustainability, with strategies aimed at achieving carbon neutrality and predictive models that reduce CO2 emissions and improve energy efficiency, thereby enhancing the resilience of structures to climate change. Furthermore, the use of digital technologies and IoT for the protection of artistic heritage promotes the conservation and accessibility of cultural assets. Structural and environmental monitoring, combined with augmented and virtual reality solutions, enhances the experience of artworks, while simultaneously ensuring more effective protection of historical and museum heritage.
Digitalisation of the construction sector enhances management of the built environment and promotes a more informed and participatory urban culture. The use of technologies such as Digital Twins increases transparency in design decisions, fostering collaboration between professionals and citizens. Data sharing enables all stakeholders, including citizens and public administrations, to monitor sustainability and safety. Furthermore, the integration of digital technologies stimulates new employment opportunities, supports the development of innovative skills, and enhances the economic well-being of the community. The adoption of Digital Twins (DTw) and artificial intelligence entails significant ethical and legal implications, particularly concerning the accountability of automated processes, informational transparency towards non-expert users, and system reliability. Therefore, it is essential to ensure traceability, verifiability, and clear criteria for accountability in order to promote the conscious, safe, and responsible use of these technologies.

Conclusions and future perspectives

The experience of the start-up BEST Design and the project described have

highlighted the crucial role of digital technologies in civil engineering and architecture, with concrete applications at the Marcus Aurelius Esedra and the Gran Sasso National Laboratories. The integration of IoT sensors, BIM models, Machine Learning, and Artificial Intelligence has led to the development of a predictive monitoring system, enhancing safety, efficiency, and sustainability. This approach marks a significant step towards the digital transition of the sector, aimed at more sustainable and technologically advanced models.

The TECNODIGIT project offers promising future prospects, driven by the advancement of Digital Twins and the increasing use of IoT, AI, and Machine Learning to enhance infrastructure management. The integration of augmented reality, virtual reality, and automation will further optimise design, construction, and management, making the entire building lifecycle more transparent, efficient, and resilient.

The project offers solutions applicable to sectors such as cultural heritage, urban management, and building redevelopment, aiming for integrated and inclusive urban planning. The use of real-time data enables infrastructure management that is adapted to the needs of the population, enhancing safety and comfort. Additionally, it promotes citizen engagement in the preservation of existing heritage. Achieving these objectives requires a continuous commitment to research and technological development, supported by collaborations between universities, start-ups, and industry, with the goal of promoting sustainable and secure solutions for all.

REFERENCES

Bai, C., Dallasega, P., Orzes, G., and Sarkis, J. (2020), "Industry 4.0 technologies assessment: A sustainability perspective", *International Journal of Production Economics*, Vol. 229, 107776, available at: https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2020.107776 (Accessed on 06/03/2025).

Carpo, M. (2017), *The Second Digital Turn: Design Beyond Intelligence*, MIT Press Ltd, Cambridge, Massachusetts, Stati Uniti.

Ciribini, L. C. A., Ghelfi, D., Caratozzolo, G., Tagliabue, L. C. and Mastrolembo Ventura, S. (2019), *BIM E Cantiere Digitale 4.0*, 2nd ed., Grafill S.r.l., Palermo, Italia.

Davila Delgado, J., M. and Oyedele, L. (2021), "Digital Twins for the built environment: learning from conceptual and process models in manufacturing", *Advanced Engineering Informatics*, Vol. 49, 101332, available at: https://doi.org/10.1016/j.aei.2021.101332 (Accessed on 06/03/2025).

Grabowska, S., Saniuk, S. and Gajdzik, B. (2022), "Industry 5.0: improving humanization and sustainability of Industry 4.0", *Scientometrics*, Vol. 127, pp. 3117-3144, available at: https://doi.org/10.1007/s11192-022-04370-1 (Accessed on 06/03/2025).

Ikudayisi, A. E., Chan, A. P. C., Darko, A. and Adedeji, Y. M. D. (2023), "Integrated practices in the Architecture, Engineering, and Construction industry: Current scope and pathway towards Industry 5.0", *Journal of Building Engineering*, Vol. 73, 106788, available at: https://doi.org/10.1016/j.jobe.2023.106788 (Accessed on 06/03/2025).

Mateev, M. (2020), "Industry 4.0 and the digital twin for building industry", *International Scientific Journal "Industry 4.0"*, Vol. 5, pp. 29-32, available at: https://stumejournals.com/journals/i4/2020/1/29 (Accessed on 06/03/2025).

Mahmoodian, M., Shahrivar, F., Setunge, S. and Mazaheri, S. (2022), "Development of Digital Twin for Intelligent Maintenance of Civil Infrastructure", *Sustainability*, Vol. 14, 8664, available at: https://doi.org/10.3390/su14148664 (Accessed on 06/03/2025).

Ortega, L. (2017), *The Total Designer. Authorship in the Architecture of the Postdigital Age,* Actar, New York.

Wang, X., Yang, J., Wang, Y., Miao, Q., Wang, F. Y., Zhao, A., Deng, J. L., Li, L., Na, X. And Vlacic, L. (2023), "Steps Toward Industry 5.0: building "6S" parallel industries with cyber-physical-social intelligence", *IEEE/CAA Journal of Automatica Sinica*, Vol. 10, pp. 1692-1703, available at: https://doi.org/10.1109/JAS.2023.123753 (Accessed on 06/03/2025).

Torzoni, M., Tezzele, M., Mariani, S., Manzoni, A. and Willcox, K. E. (2024), "A digital twin framework for civil engineering structures", *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, Vol. 418, 116584, available at: https://doi.org/10.1016/j.cma.2023.116584 (Accessed on 06/03/2025).

Trombadore, A., Giorgi, D., Calcagno, G. and Pierucci, G. (2023), "Enabling an augmented building experience by encouraging user engagement", *TECHNE – Journal of Technology for Architecture and Environment*, Vol. 25, pp. 204-213, available at: https://doi.org/10.36253/techne-13724 (Accessed on 06/03/2025).

Un modello per la coproduzione di conoscenze nei processi decisionali in ambito energetico

Just Accepted: May 26, 2025 **Published:** November 06, 2025

Paola Marrone[1], https://orcid.org/0000-0003-2843-7768 paola.marrone@uniroma3.it
Paolo Civiero[1], https://orcid.org/0000-0002-5497-5466 paolo.civiero@uniroma3.it
Roberto D'Autilia[2], https://orcid.org/0000-0002-8338-8578 roberto@shazarch.com
Valerio Palma[1], https://orcid.org/0000-0001-6456-5551 valeriopalma@gmail.com
[1] Dipartimento di Architettura, Università degli Studi Roma Tre, Italia
[2] Shazarch s.r.l., Italia

Abstract. L'articolo presenta uno studio sviluppato nell'ecosistema dell'innovazione Rome Technopole per il trasferimento tecnologico nel campo delle *Key Enabling Technologies*. La ricerca si occupa di transizione energetica e digitale nella rigenerazione urbana con l'obiettivo di realizzare uno strumento per la coproduzione di conoscenza a supporto della programmazione di distretti urbani climaticamente neutri. I risultati dimostrano la validità del quadro conoscitivo raccolto e del modello digitale sviluppato, in un'applicazione al settore Ostiense di Roma, evidenziando la replicabilità della metodologia, la scalabilità degli strumenti proposti e il potenziale per future applicazioni industriali e politiche di sostenibilità urbana.

Parole chiave: *Urban digital twin*; Sistema di supporto alle decisioni; Distretto a energia positiva; Città climaticamente neutre; *Joint lab*.

Introduzione

Rome Technopole è uno dei progetti di ricerca e sviluppo denominati "Ecosistema dell'innovazione", finanziati dal PNRR (Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza) che riunisce tutti gli atenei e il sistema della produzione del Lazio con l'obiettivo di creare un centro, *o hub*, transdisciplinare per l'innovazione tecnologica, in cui integrare e trasferire conoscenze e competenze delle università e della comunità scientifica per rispondere alle esigenze del settore industriale regionale.
La ricerca presentata in questo contributo è parte del "Flagship Project 2" relativo al settore della costruzione e della gestione del patrimonio edilizio, in cui sono richieste nuove tecnologie per attuare la transizione energetica e digitale nella rigenerazione sostenibile urbana e nell'edilizia.
In particolare, nell'ambito della Tematica 1 "Transizione energetica nel progetto multiscalare" e della Sottotematica 1 "Produzione, distribuzione e stoccaggio di energia elettrica da fonti rinnovabili", la ricerca affronta lo studio e la sperimentazione di uno strumento ottimizzato alla scala urbana ed edilizia per sostenere processi decisionali e valutativi mirati alla transizione energetica in scenari di rigenerazione urbana, attraverso la digitalizzazione delle informazioni e la costruzione di modelli digitali urbani.
Nello spirito dell'ecosistema dell'innovazione, obiettivi e risultati della ricerca nascono, infatti, all'interno di un gruppo composto da università, enti di ricerca – ENEA, CNR, INFN, ISS – e soggetti non accademici, come istituzioni locali e nazionali, grandi aziende e multinazionali, associazioni di imprese aderenti a Confindustria, PMI innovative. Il progetto è finalizzato a:

1. la redazione di piani di rigenerazione urbana e della mobilità, per il caso del quartiere Pietralata a Roma, dove sorgerà la sede della Fondazione Rome Technopole;
2. la gestione del patrimonio edilizio e delle sue potenzialità in termini di trasformazione secondo i criteri dei distretti a energia positiva – o PED (*Positive Energy Districts*) – e climaticamente neutri, studiata attraverso il caso applicativo del settore urbano intorno alla via Ostiense, compreso tra l'area di Valco San Paolo e il rione Testaccio – "settore Ostiense" – con particolare attenzione agli edifici dell'Università di Roma Tre;

A model for the co-production of knowledge in energy-related decision-making processes

Abstract. The article presents a study developed within the innovation ecosystem of Rome Technopole, focusing on technology transfer in the field of Key Enabling Technologies. The research addresses energy and digital transition in urban regeneration, aiming to create a tool for the co-production of knowledge to support planning for climate-neutral urban districts. The results validate the collected knowledge framework and the developed digital model through a case study applied to Rome's Ostiense district, highlighting the methodology's replicability, the scalability of the proposed tools, and their potential for future industrial applications and sustainable urban policymaking.

Keywords: Urban digital twin; Decision support system; Positive energy district; Climate-neutral cities; Joint lab.

Introduction

Rome Technopole is one of the research and development projects known as an "Innovation Ecosystem," funded by Italy's PNRR (*Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza*, National Recovery and Resilience Plan). It brings together all universities and the productive system of the Lazio region to establish a transdisciplinary innovation hub designed to integrate and transfer academic and scientific knowledge to address the needs of the regional industrial sector.
The research presented here is part of "Flagship Project 2," which focuses on the construction and management of building stock, emphasising the need for new technologies to facilitate energy and digital transitions in sustainable urban regeneration and construction. Specifically, under Theme 1 "Energy Transition in Multi-scale Design" and Subtheme 1 "Production, Distribution, and Storage of Electricity from Renewable Sources", the research investigates and tests a tool optimised for urban and building scales to support decision-making and assessment processes aimed at energy transition in urban regeneration scenarios through digital information management and urban digital modelling.
Aligned with the ethos of the innovation ecosystem, the research objectives and results are developed within a collaborative group comprising universities, research institutions – ENEA, CNR, INFN, ISS – and non-academic stakeholders such as local and national institutions, large corporations and multinationals, business associations affiliated with Confindustria, and innovative SMEs. The project aims to:

1. develop urban regeneration and mobility plans for Rome's Pietralata

ISSN online: 2239-0243 | © 2025 Author(s) | http://www.fupress.com/techne | DOI: 10.36253/techne-17394
Open access, peer-reviewed article published by Firenze University Press (https://www.fupress.com) and distributed, except where otherwise noted, under the terms of the CC BY 4.0 License for content and CC0 1.0 Universal for metadata

3. l'innovazione tecnologica nella progettazione di nuovi edifici.

Nella ricerca proposta confluiscono conoscenze di base acquisite in precedenti progetti nazionali e internazionali[1], per supportare il passaggio alla ricerca applicata e a una fase di sviluppo precompetitivo con un livello auspicabile di TRL 5 (*Technology Readiness Level* 5). In particolare, a partire da un repertorio di soluzioni EBE (*Energy in Built Environment*), intese come interventi singoli o combinati volti all'efficientamento energetico su scala edilizia, sono stati selezionati alcuni KPI (*Key Performance Indicators*). Questi indicatori sono stati poi integrati all'interno di modelli di calcolo, o CM (*Calculation Models*), andando così a comporre un DSS (*Decision Support System*) in grado di assistere diversi utenti, tra cui amministrazioni pubbliche ed enti territoriali, nella definizione e nella valutazione di scenari per la riqualificazione energetica degli edifici e degli spazi urbani[2].

Il contributo descrive la costruzione del quadro conoscitivo – database geospaziale e framework di input – a scala di quartiere e del DT (*Digital Twin*) concepito come modello urbano per la raccolta ed elaborazione di dati su consumi, produzione da RES (*Renewable Energy Sources*) e stoccaggio di energia elettrica. Il DT è la soluzione tecnologica sviluppata per trasferire le conoscenze acquisite in uno strumento interoperabile, applicabile a diversi contesti edilizi e urbani nazionali. In questa prima sperimentazione il settore Ostiense e gli edifici di Roma Tre sono stati scelti come caso di studio con lo scopo di:

1. validare l'applicabilità e replicabilità del modello a un sistema urbano con destinazione mista, analogo a quello di Pietralata e per il quale non sono ancora disponibili dati reali sufficienti per effettuare simulazioni;
2. pensare il modello come uno strumento per la gestione degli edifici di un ente proprietario – *i.e.* istituzione universitaria – e la creazione di scenari di trasformazione energetica o riqualificazione.

Stato dell'arte

Le piattaforme di rappresentazione digitali della città, flessibili e integrate con molte fonti di dati, sono sempre più comunemente denominate UDT (*Urban Digital Twin*), sottolineando la capacità di rispecchiare i sistemi fisici e di supportare decisioni in tempo reale basate su dati concreti. Il paradigma del DT ha origine nell'ingegneria della produzione, dove è stato sviluppato per integrare informazioni di valutazione del ciclo di vita all'interno di rappresentazioni grafiche tridimensionali (Grieves and Vickers, 2017). Il concetto è oggi adottato da un numero crescente di amministrazioni urbane e servizi aziendali per la gestione della città (Kritzinger *et al*., 2018). Un UDT è una replica virtuale della città, con una connessione bidirezionale allo spazio reale. Questa connessione richiede un flusso continuo di dati per documentare stati e fenomeni fisici, oltre a interfacce utili a guidare i processi decisionali e attuare interventi di trasformazione. Gli UDT promettono di coadiuvare il monitoraggio, la simulazione e l'ottimizzazione delle operazioni urbane, supportando decisioni più consapevoli attraverso analisi predittive, pianificazione di scenari e una gestione efficiente delle risorse (Bolton *et al*., 2018; Civiero *et al*., 2021). I recenti progressi nel *cloud computing* e nell'AI (*Artificial Intelligence*) amplificano in modo significativo queste potenzialità, specialmente nell'aggregare e correlare diverse fonti di dati, nell'individuare *pattern* e nello sviluppare modelli predittivi, favorendo così

neighbourhood, the site of the future Rome Technopole Foundation headquarters;
2. manage the existing building stock and its potential transformation according to the criteria of PEDs (Positive Energy Districts); climate-neutrality was explored through a case study focusing on the urban area along Via Ostiense, between Valco San Paolo and the Testaccio district – referred to as the "Ostiense district" – with particular emphasis on the buildings of Roma Tre University;
3. drive technological innovation in the design of new buildings.

This research integrates foundational knowledge obtained from previous national and international projects[1], supporting the transition to applied research and a pre-competitive development phase, targeting an optimal TRL (Technology Readiness Level) of 5. A selection of KPIs (Key Performance Indicators) was developed starting from a repertoire of EBE (Energy in Built Environment) solutions, defined as individual or combined interventions aimed at improving energy efficiency at the building scale. These KPIs were integrated into CMs (Calculation Models), forming a DSS (Decision Support System) capable of assisting various stakeholders, including public administrations and territorial entities, in defining and assessing energy refurbishment scenarios for buildings and urban spaces[2].

The paper describes the creation of a knowledge framework – a geospatial database and input framework – at the neighbourhood scale, and the development of a DT (Digital Twin) conceived as an urban model for collecting and processing data related to energy consumption, energy production from RES (Renewable Energy Sources), and electricity storage. The DT is the technological solution developed to translate acquired knowledge into an interoperable tool applicable across various national urban and building contexts. In this initial experimental phase, Rome's Ostiense district and Roma Tre University's buildings were selected as a case study to:

1. validate the applicability and replicability of the model within a mixed-use urban system analogous to Pietralata, where sufficient real data for simulations is not yet available;
2. develop the model as a management tool for property-owning entities, *e.g.* universities, to create scenarios for energy transition or refurbishment.

Background

Urban digital representation platforms, which are flexible and integrated with various data sources, are increasingly referred to as UDTs (Urban Digital Twins), emphasising their ability to mirror physical systems and support real-time, data-driven decision-making. The DT paradigm originated in production engineering, where it was developed to incorporate lifecycle assessment information into three-dimensional graphic representations (Grieves and Vickers, 2017). Today, this concept is being adopted by a growing number of urban administrations and corporate services for city management (Kritzinger *et al*., 2018). An UDT is a virtual replica of the city, featuring a bidirectional connection to real-world space. This connection requires continuous data flow to document physical states and phenomena,

gli aspetti della gestione urbana che integrano dati di origine diversa (Bibri *et al*., 2024; Wan *et al*., 2019).

Obiettivi

Lo strumento di modellazione urbana è stato sviluppato con l'obiettivo di:

1. raccogliere e consolidare dati territoriali "aperti", o *open data*, provenienti da fonti diverse;
2. elaborare le informazioni tramite algoritmi personalizzati e predisporle per la condivisione con altri ambienti di analisi, utilizzando formati interoperabili.

La definizione del *framework* di conoscenza geospaziale include elementi di caratterizzazione geometrica, termica, energetica, socioeconomica e di consistenza edilizia.

Il database sotteso dal DT e il relativo ambiente di gestione presentano le seguenti caratteristiche e funzioni principali:

1. schemi basati su standard CityGML[3] per lo scambio di informazioni geografiche, incluse le componenti per ospitare dati relativi alla produzione e al consumo energetico;
2. interfacce e servizi per l'integrazione, il recupero e l'elaborazione dei dati;
3. strumenti di visualizzazione tridimensionale, compatibili sia con i dati raccolti sia con i risultati di scenari di trasformazione.

Metodologia

Il metodo adottato per lo sviluppo degli strumenti di modellazione urbana si fonda sulle azioni e sui principi elencati di seguito.

Definizione delle caratteristiche del modello

È stato definito il livello di dettaglio del modello e un sottoinsieme di classi rilevanti nello standard CityGML. Questo passaggio permette di allineare la costruzione del modello agli obiettivi del progetto e all'applicazione prevista, stabilendo una cornice metodologica condivisa tra i diversi casi di studio. Per la modellazione dettagliata degli aspetti energetici alla scala urbana, si sfrutta inoltre la natura modulare di CityGML, che supporta estensioni dedicate a specifici ambiti tematici (Agugiaro *et al*., 2018).

Raccolta ed elaborazione dei dati basata sulla scalabilità

L'acquisizione è stata imperniata sulla scalabilità, puntando a definire tecniche e strumenti replicabili in altri casi di studio e a scale territoriali più ampie, in particolare in Italia. I dati provengono da diversi dataset geospaziali, sia aperti, sia messi a disposizione dai partner del progetto.

Adozione di software e standard FOSS

È stata privilegiata l'adozione di FOSS (*Free and Open Source Software*). Gli strumenti impiegati comprendono la suite di software 3DCityDB (Yao *et al*., 2018) per l'archiviazione conforme a CityGML, il software di GIS (*Geographic Information System*) QGIS per l'analisi e l'elaborazione preliminare di dati geografici, e il software di computer grafica Blender per rendere più dettagliate le geometrie. La scelta di FOSS favorisce soluzioni robuste, scalabili e interoperabili, garantendo l'accessibilità nel tempo a un ampio spettro di *stakeholder*.

as well as interfaces to guide decision-making processes and implement transformative actions. UDTs promise to assist with monitoring, simulation, and optimisation of urban operations, supporting more informed decision-making through predictive analytics, scenario planning, and efficient resource management (Bolton *et al*., 2018; Civiero *et al*., 2021). Recent advancements in cloud computing and AI (Artificial Intelligence) significantly enhance these capabilities, especially in aggregating and correlating diverse data sources, identifying patterns, and developing predictive models, thereby improving urban management that integrates various data types (Bibri *et al*., 2024; Wan *et al*., 2019).

Objectives

The urban modelling tool was developed with the aim of:

1. collecting and consolidating open territorial data from diverse sources;
2. processing this information through customised algorithms, and prepare it for sharing with other analytical environments, using interoperable formats.

The definition of the geospatial knowledge framework includes elements of geometric, thermal, energy-related, socioeconomic characterisation, and building consistency.

The database underpinning the DT and its management environment have the following main features and functionalities:

1. schemas based on CityGML[3] standards for geographic information exchange, including components designed to host data related to energy production and consumption;
2. interfaces and services for data integration, retrieval, and processing;
3. three-dimensional visualisation tools, compatible both with collected data and the outcomes of transformation scenarios.

Methodology

The method adopted for developing urban modelling tools is founded upon the following actions and principles.

Definition of Model Characteristics

The level of detail of the model and a subset of relevant classes within the CityGML standard were defined. This step aligns the model's construction with project objectives and anticipated applications, establishing a shared methodological framework across different case studies. For detailed modelling of energy-related aspects at the urban scale, the modular nature of CityGML, which supports thematic extensions for specific domains, was leveraged (Agugiaro *et al*., 2018).

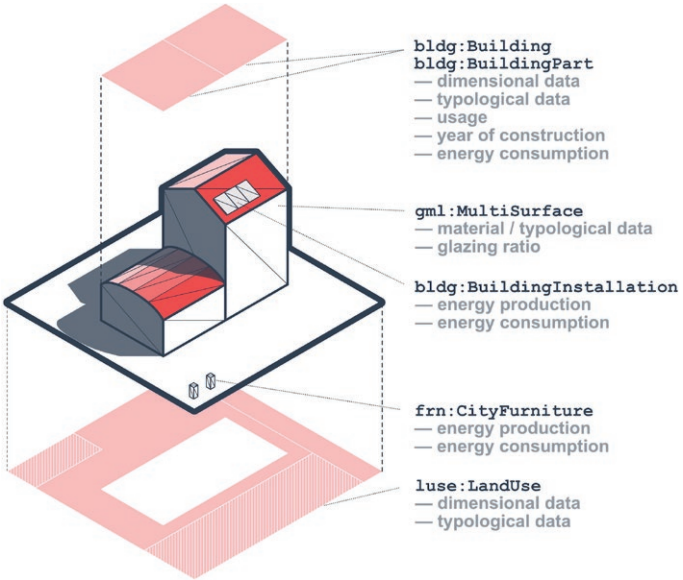
Data Collection and Processing Based on Scalability

Data acquisition emphasised scalability, aiming to define techniques and tools replicable across other case studies and larger territorial scales, particularly within Italy. Data originated from various geospatial datasets, including open data and those provided by project partners.

Adoption of FOSS Software and Standards

Preference was given to FOSS (Free and Open-Source Software). Tools employed include the 3DCityDB software suite (Yao *et al*., 2018) for CityGML-compliant storage, QGIS Geographic Information System soft-

01| Rappresentazione schematica dell'assegnazione di informazioni alle componenti del modello in CityGML
Schematic representation of information assignment to model components in CityGML



Sviluppo

Per l'allestimento del modello di città, abbiamo istallato e testato un'istanza locale di 3DCityDB, un sistema di *software* che comprende un database, uno strumento per lo scambio di dati chiamato Importer/Exporter e uno per la visualizzazione interattiva chiamato 3D Web Map Client, basato sul *software* Cesium JS. Il sistema consente di gestire e consultare i modelli basati su CityGML.
La raccolta dei dati si è basata principalmente su un set di informazioni calibrato per condurre valutazioni e simulazioni energetiche alla scala urbana. I dati acquisiti comprendono:

1. informazioni sull'involucro degli edifici: quota di base e definizione geometrica come insieme di volumi di altezza uniforme;
2. altre informazioni sugli edifici: numero di piani, classificazione funzionale e tipologica;
3. informazioni sugli spazi aperti: definizione geometria di aree verdi, di aree carrabili e di altre aree pavimentate;
4. dati energetici: consumi di elettricità e gas, caratteristiche di prestazione energetica;

Modellazione geometrica
Parallelamente al processo di raccolta dei dati, abbiamo curato la selezione delle classi di oggetto e delle proprietà previste da CityGML, predisponendo l'allineamento con lo standard (Fig. 1). Per la modellazione degli edifici, il DBGT (Database Geo-Topografico) della Regione Lazio (2014) è stato la principale fonte, fornendo informazioni certificate e coerenti sulla sagoma a terra e l'altezza degli edifici. Le informazioni sulle funzioni e sulla tipologia edilizia sono state estratte dalla stessa fonte e convertite in maniera automatica nella tassonomia standardizzata. Nel processo di mappatura è stato usato un LLM[4] (*Large Language Model*) per trasformare gli attributi "tipologia edilizia" e "categoria uso", contenuti nel database regionale, nei valori *"class"* e *"usage"* previsti nello standard (Tab. 1).
Il workflow (Fig. 2) ha incluso l'estrazione da OSM (OpenStreetMap contributors, 2025) del numero di piani degli edifici, dove disponibile, e l'estrazione manuale di dettagli elaborati in Blender sulla base del servizio web Google 3D Tiles, permettendo di aggiornare alcuni edifici rispetto allo stato descritto nelle fonti principali. Questo approccio potrebbe consentire di definire elementi quali finestre, porte e particolari delle coperture, apportando ulteriori miglioramenti di dettaglio per la modellazione energetica[5], anche in funzione dell'uso del repertorio già definito di soluzioni EBE per la realizzazione di scenari di ottimizzazione energetica.

ware for geographic data analysis and preliminary processing, and Blender computer graphics software for detailed geometry refinement. Utilising FOSS promotes robust, scalable, and interoperable solutions, ensuring long-term accessibility to a broad spectrum of stakeholders.

Development
For setting up the city model, we installed and tested a local instance of 3DCityDB, a software system comprising a database, a data exchange tool called Importer/Exporter, and an interactive visualisation tool named 3D Web Map Client, based on the Cesium JS software. This system enables management and querying of CityGML-based models.
Data collection primarily focused on a set of information calibrated to perform energy assessments and simulations at the urban scale. The acquired data includes:

1. information on building envelopes: base elevation and geometric definition as sets of uniformly high volumes;
2. additional building information: number of floors, functional and typological classification;
3. information on open spaces: geometric definition of green areas, driveways, and other paved areas;
4. energy data: electricity and gas consumption, energy performance characteristics.

Geometric Modelling
Alongside the data collection phase, we carefully selected object classes and properties outlined by the CityGML standard, ensuring alignment with the standard (Fig. 1). For building modelling, the DBGT (*Database Geo-Topografico*, Geo-Topographic Database) from Regione Lazio (2014) served as the primary source, providing certified and consistent information on building footprints and heights. Information regarding building functions and typologies was extracted from the same source and automatically converted into a standardised taxonomy. During the mapping process, a LLM[4] (Large Language Model) was employed to convert attributes such as "building typology" and "usage category" from the regional database into the "class" and "usage" values prescribed by the standard (Tab. 1).
The workflow (Fig. 2) included extracting the number of building floors from OSM (OpenStreetMap contributors, 2025) where available, and manually extracting detailed features processed in Blender based on the Google 3D Tiles web service. This allowed updates to certain buildings beyond what is recorded in the primary sources. This approach enables the definition of detailed elements such as windows, doors, and roofing specifics, further enhancing the precision required for energy modelling[5], thereby supporting the effective application of existing EBE solutions in creating optimised energy scenarios.

Energy Modelling
Data from additional sources, such as local authorities and research partners, were utilised to obtain energy-related information, including consumption levels, building construction years, and approximate occupant numbers. The integration of this data into the model was facilitated by dedicated extensions designed for CityGML and 3DCityDB. Specifically, the Energy ADE (Application Domain Extension)

Tab. 01| Esempi di conversione con LLM degli attributi degli edifici, dalle categorie usate nei dati di input all'output conforme allo standard CityGML
Examples of LLM-based conversion of building attributes, from input data categories to outputs compliant with the CityGML standard

02| Schema del flusso di lavoro adottato nel progetto, dalla raccolta di dati alla visualizzazione interattiva
Workflow diagram adopted in the project, from data collection to interactive visualisation

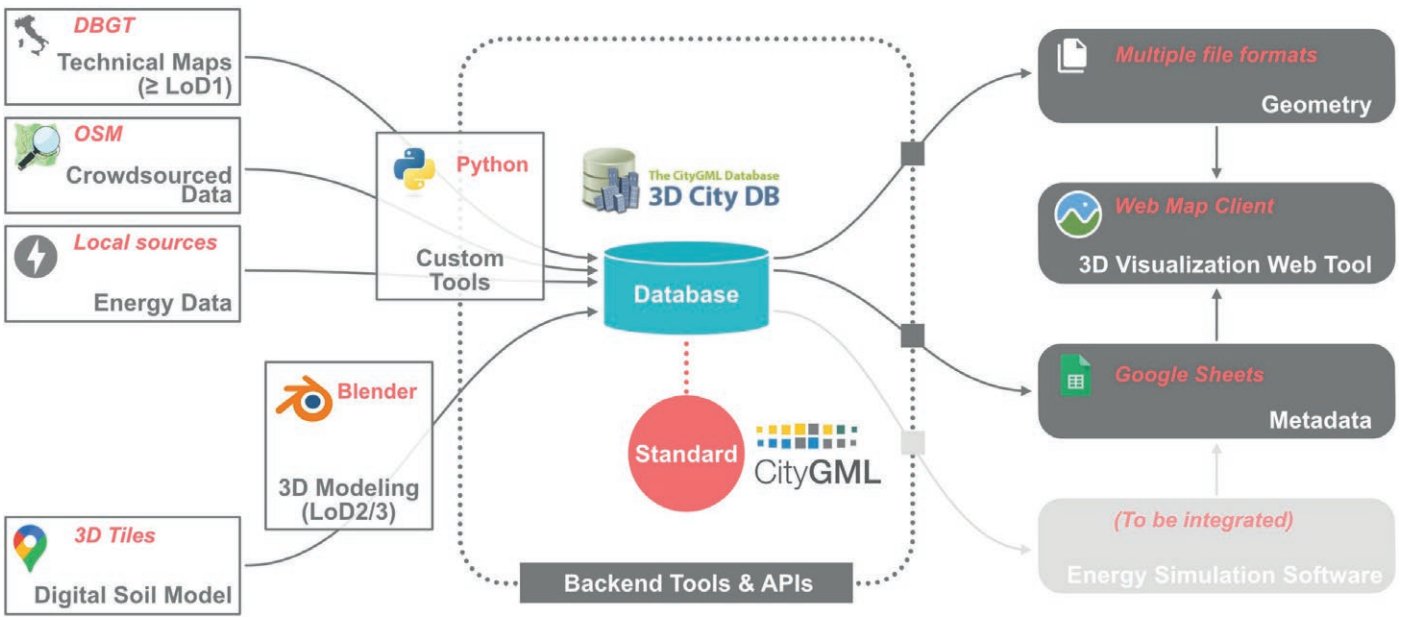
Tab. 01 |

	Input	Output	
Categories	"tipologia edilizia", "categoria uso"	"class", "usage"	
Reference	DBGT, Regione Lazio	CityGML 2.0 attribute codes	CityGML 2.0 attribute values
Conversion samples	"GENERICA", "Luogo di culto"	1080, 2210	"church institution", "religious building"
	"EDIFICIO RURALE", ""	1090, 1870	"agriculture, forestry", "building for agrarian and forestry"
	"EDIFICIO INDUSTRIALE-ARTIGIANALE", "impianto tecnologico"	1160, 2700	"industry", "others"
	"EDIFICIO INDUSTRIALE-ARTIGIANALE", "depuratore"	1160, 1810	"industry", "building for effluent disposal"

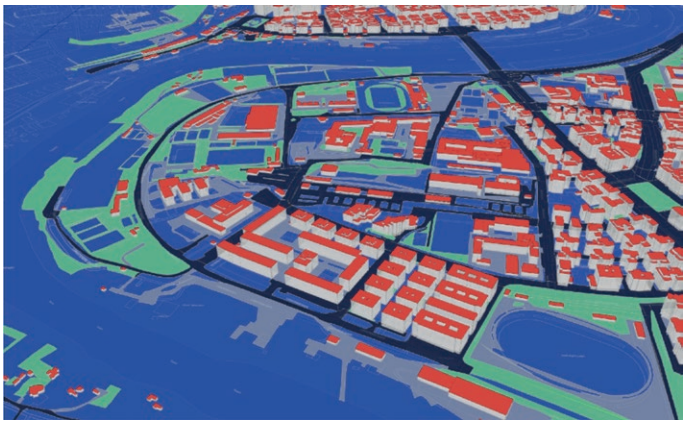
Modellazione energetica
I dati provenienti da altre fonti, come enti locali e partner di ricerca, sono stati impiegati per reperire informazioni energetiche quali consumi, anno di costruzione degli edifici e numero approssimativo di occupanti. È stata predisposta l'integrazione di queste informazioni all'interno del modello mediante apposite estensioni per CityGML e 3DCityDB. L'estensione Energy ADE (*Application Domain Extension*) di CityGML consente di aggiungere attributi come consumo energetico, tipologie di energia utilizzate, impianti installati e proprietà termiche degli edifici.
In un primo test, sono stati elaborati consumi energetici di un sottoinsieme di edifici dell'Università Roma Tre, a partire da dati aggregati per sito o indirizzo, e rendendo la rappresentazione dei consumi accessibile attraverso gli strumenti di visualizzazione interattiva.

Interoperabilità e visualizzazione
Per trasformare i dati relativi a sagoma e altezza degli edifici in formato CityGML, sono stati sviluppati prototipi di script in linguaggio Python che consentono la generazione automatica di dati 3D compatibili con 3DCityDB[6]. In aggiunta ai dati sugli edifici, anche le informazioni relative ad aree verdi – non ancora distinte tra pubbliche e private –, aree stradali e altre aree pavimentate sono state processate con *script* appositi (Fig. 3).
La visualizzazione interattiva del modello urbano è stata prodotta usando il *software* 3D Web Map Client, che permette di esplorare la componente geometrica del *database*, anche sovrapposta a modelli del terreno e immagini satellitari. Il prototipo di *viewer*, sviluppato personalizzando il software, consente di visualizzare set di dati specifici estratti dal modello CityGML completo (Fig. 4). È inoltre possibile combinare i dati 3D con dati tabellari collegati, aggiornabili in tempo reale – nel nostro caso, sfruttando il servizio *web Google Sheets*. In questo modo, si possono produrre dati calcolati dinamicamente, come i risultati di simulazioni energetiche, rendendoli immediatamente disponibili nella mappa web. Il prototipo prevede inoltre strumenti di colorazione condizionale, che permettono di colorare gli edifici in base ai valori consultati (Fig. 5).

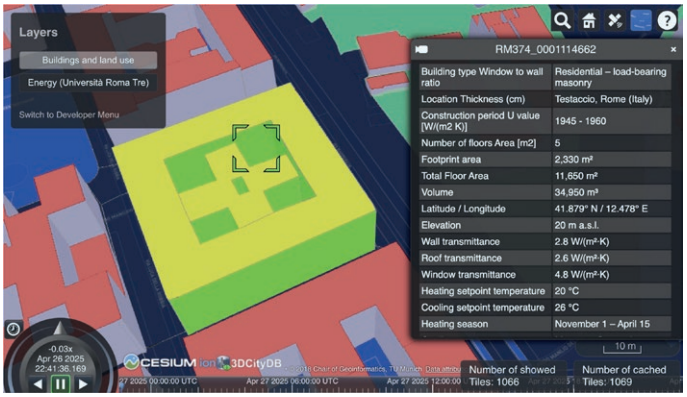
02 |



03| Vista a volo d'uccello nel Web Map Client di 3DCityDB di oggetti registrati nel database CityGML (edifici, con pareti verticali e di copertura distinte, ed aree di uso del suolo)
Bird's-eye view in the 3DCityDB Web Map Client of objects registered in the CityGML database (buildings with distinct vertical walls and roofs, and land-use areas)

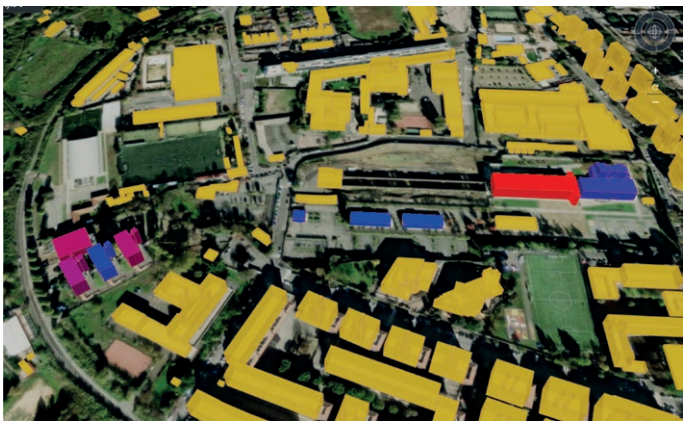

| 03

04| Dettaglio di un edificio residenziale nel 3DCityDB Web Map Client. Il pop-up mostra un insieme di parametri selezionati esportati dal database CityGML, che possono essere utilizzati come input per i workflow di simulazione dinamica
Detail of a residential building in the 3DCityDB Web Map Client. The pop-up displays selected parameters exported from the CityGML database, which can serve as inputs to dynamic simulation workflows



| 04

05| Esecuzione in 3D Web Map Client di uno script per la colorazione condizionale di una selezione di edifici dell'Università Roma Tre, sulla base della potenza erogata per l'aria condizionata estiva (colori dal blu al rosso)
Execution in the 3D Web Map Client of a script for conditional colouring of a selection of Roma Tre University buildings, based on summer air conditioning power consumption (colours ranging from blue to red)


| 05

Risultati raggiunti

Il progetto di ricerca ha sviluppato un database geospaziale e strumenti di gestione dei dati per visualizzare agilmente differenti scenari per la riqualificazione energetica e l'introduzione di sistemi di produzione, distribuzione e stoccaggio di energia elettrica da RES. Attraverso il repertorio di soluzioni EBE è così possibile la coproduzione e coprogettazione di indirizzi programmatici e di possibili strategie, valutando l'impatto sui diversi KPI.
In dettaglio, i risultati relativi al database e allo strumento di gestione dei dati riguardano:
– lo sviluppo di un *database* per la costruzione di modelli compatibili con l'analisi energetica urbana;
– l'integrazione dei dati in un visualizzatore web;
– lo sviluppo di un *workflow* replicabile e scalabile.

Per il caso studiato, è stato generato un modello CityGML di base per circa 6 km² del settore Ostiense, sfruttando la capacità dello standard e dell'insieme di *software* adottati di gestire modelli urbani di dimensioni arbitrarie. L'integrazione di dati energetici più dettagliati relativi agli edifici dell'Università Roma Tre sta attualmente supportando lo sviluppo di una rete termica RC (Resistenza-Capacità) nell'ambito del progetto Rome Technopole. Il *workflow* risultante è progettato per supportare lo scambio bidirezionale dei dati: le informazioni geo-

for CityGML enables the inclusion of attributes such as energy consumption, types of energy used, installed systems, and thermal properties of buildings.
In an initial test, energy consumption data for a subset of buildings at Roma Tre University were processed using aggregated data by site or address. The visualisation of this consumption data was then made accessible through interactive visualisation tools.

Interoperability and visualisation

To convert building footprint and height data into CityGML format, Python script prototypes were developed to enable automatic generation of 3D data compatible with 3DCityDB[6]. In addition to building data, information about green areas – currently not distinguished between public and private –, roadways, and other paved areas was processed using dedicated scripts (Fig. 3).
Interactive visualisation of the urban model was achieved using the 3D Web Map Client software, allowing exploration of the database's geometric components overlaid with terrain models and satellite imagery. The viewer prototype, specifically customised for this project, facilitates visualisation of selected datasets extracted from the comprehensive CityGML model (Fig. 4). Furthermore, it allows the integration of 3D data with related tabular data that can be updated in real-time – in our case, via the Google Sheets Web service. This setup enables dynamic calculation and immediate visualisation of results, such as those from energy simulations, directly within the Web map interface. The prototype also incorporates conditional colouring tools, enabling buildings to be visually differentiated based on selected data values (Fig. 5).

Results Achieved

The research project developed a geospatial database and data management tools to easily visualise different scenarios for energy refurbishment, and the integration of systems for the production, distribution, and storage of electricity from RES. By leveraging the set of EBE solutions, it becomes possible to co-produce and co-design policy guidelines and potential strategies, assessing their impact on various KPIs.
In detail, the results related to the database and data management tools include:
– development of a database for creating models compatible with urban energy analysis;
– integration of data into a Web-based viewer;
– development of a replicable and scalable workflow.

At the case-study scale, a baseline CityGML model was generated for approximately 6 km² of the Ostiense district, exploiting the capacity of the adopted standard and software ensemble to manage city models of arbitrary size. The inclusion of more detailed energy-related data for the buildings of Roma Tre University is currently supporting the development of an

06| Dettaglio dell'interrogazione del layer esportato dal database CityGML per rappresentare gli edifici dell'Università Roma Tre e le informazioni energetiche relative
Detail of a query on the layer exported from the CityGML database representing buildings of Roma Tre University and their associated energy information

metriche e semantiche vengono importate dal DT, mentre gli output delle simulazioni dinamiche – indicatori di prestazione e analisi di scenari di rigenerazione – sono scritti nel database e resi disponibili tramite l'interfaccia web. Nella sua configurazione attuale, la piattaforma è già operativa come ambiente per l'inserimento, l'aggiornamento e la consultazione dei dati da parte dell'Università (Fig. 6).
Pur esistendo già diverse piattaforme UBEM (*Urban Building Energy Modeling*) (Ferrando *et al.*, 2024), l'UDT proposto si focalizza sui PED, integrando lo *standard* CityGML per rappresentare lo stato di fatto, predisporre simulazioni energetiche e offrire strumenti di supporto alle decisioni. L'approccio, sviluppato a partire da precedenti esperienze del gruppo, mira a fornire un contributo applicativo alla progettazione energetica finalizzata alla neutralità climatica e al supporto alla pianificazione energetica territoriale[7].

Limiti e avanzamenti futuri

Durante la ricerca sono emerse criticità relative alla disponibilità e qualità dei dati, come geometrie incomplete o non aggiornate, che hanno richiesto interventi manuali di affinamento. Ulteriori miglioramenti dipenderanno dalla capacità di gestire una maggiore quantità e varietà di dati energetici, ottimizzando l'interoperabilità con algoritmi e *software* di simulazione, nonché dalla standardizzazione nella rappresentazione dei consumi, della produzione e di altri indicatori energetici.
In futuro si intende migliorare l'interoperabilità del sistema con i software di simulazione energetica, semplificando e generalizzando i processi di importazione ed esportazione dei dati per facilitare la replicabilità del metodo in altri casi studio. Verranno infine potenziate le funzionalità interattive del visualizzatore, ampliando l'accesso ai metadati, integrando simulazioni in tempo reale e offrendo maggiori opzioni di analisi e personalizzazione per l'utente.

Conclusioni e impatti

I risultati finora ottenuti dal progetto rappresentano una solida base per futuri sviluppi industriali delle metodologie e degli strumenti testati, non solo nella regione Lazio.
In linea con gli obiettivi progettuali, lo strumento proposto può facilitare i processi decisionali della PA (Pubblica Amministrazione) e degli stakeholder privati, introducendo una maggiore attenzione e consapevolezza nei confronti della sostenibilità ambientale e sociale. Questo approccio può inoltre contribuire a migliorare la qualità della vita dei cittadini-beneficiari, fornendo strumenti per valutare efficacemente le ricadute dei progetti, inclusi i costi iniziali e i tempi di ritorno degli investimenti (*payback*), secondo criteri di sostenibilità economica, ambientale e sociale.
I benefici economici attesi derivano principalmente dal miglioramento della gestione degli interventi di riqualificazione su larga scala, dall'efficacia dei processi partecipativi e da una

RC (Resistance-Capacitance) thermal network within the Rome Technopole programme. The resulting workflow is expected to support bidirectional data exchange. Geometric and semantic information is imported from the DT, while dynamic simulation outputs – performance indicators, and regeneration-scenario analyses – are written back to the database and exposed through the Web interface. In its current configuration, the platform already serves the University as an environment for data entry, updates, and consultation (Fig. 6).
Although several UBEM (Urban Building Energy Modelling) platforms already exist (Ferrando *et al.*, 2024), the proposed UDT specifically focuses on PEDs. It integrates the CityGML standard to represent existing conditions, facilitate energy simulations, and provide decision support tools. The approach, built upon the group's previous experiences, aims to contribute practically to energy design targeting climate neutrality, and to support territorial energy planning[7].

Limitations and Future Developments

During the research, issues arose regarding data availability and quality, such as incomplete or outdated geometries, necessitating manual refinement interventions. Further improvements will depend on the capability of managing a greater quantity and variety of energy data, optimising interoperability with simulation algorithms and software, as well as standardising the representation of energy consumption, production, and other energy-related indicators.
In the future, efforts will focus on enhancing system interoperability with energy simulation software, simplifying and generalising data import and export processes to improve the method's replicability in other case studies. Additionally, interactive features of the viewer will be strengthened by expanding metadata access, integrating real-time simulations, and providing users with more analysis and customisation options.

Conclusions and Impacts

The results achieved thus far by the project provide a solid foundation for future industrial development of the tested methodologies and tools, extending beyond the Lazio region.
Aligned with project goals, the proposed tool can significantly streamline decision-making processes for public administrations and private stakeholders, fostering increased environmental and social sustainability awareness. This approach can further enhance the quality of life for citizens-beneficiaries by offering effective tools for assessing project impacts, including initial costs and investment payback periods, guided by principles of economic, environmental, and social sustainability.
Anticipated economic benefits primarily stem from improved management of large-scale refurbishment initiatives, effective participatory processes, and heightened environmental awareness among participating citizens.
As demonstrated by the PED approach, supported by numerous funding initiatives and experiences at the European level, the study proposed within the Rome Technopole framework also aims to generate significant impacts by:
– supporting the development of business models linked to urban regeneration processes;

maggiore consapevolezza ambientale tra i cittadini coinvolti.
Come dimostra l'approccio PED, sostenuto da numerosi finanziamenti ed esperienze a livello europeo, anche lo studio proposto nell'ambito Rome Technopole si sta sviluppando per contribuire a impatti significativi, favorendo:

- lo sviluppo di modelli di business legati ai processi di rigenerazione urbana;
- la valutazione degli impatti e della replicabilità delle soluzioni di retrofit testate nei casi studio;
- la creazione di una filiera integrata tra diversi soggetti economici e istituzionali – PA, Università, enti e aziende di ricerca, terze parti;
- la nascita di nuove imprese operanti nel settore della digitalizzazione e della modellazione;
- lo sviluppo di nuove figure professionali – *capacity building* – quali *community manager* o *energy manager*, capaci di migliorare l'efficacia delle misure implementate e mitigare conflitti interni alle comunità nel lungo periodo;
- l'acquisizione di competenze distintive sul territorio, utili per stimolare processi di innovazione sostenibile;
- un aumento della capacità di attrarre ulteriori investimenti e finanziamenti pubblici e privati.

RICONOSCIMENTI

La ricerca è stata finanziata dal "Progetto ECS 0000024 Rome Technopole – CUP F83B22000040006, PNRR Missione 4 Componente 2 Investimento 1.5, finanziato dall'Unione europea – NextGenerationEU".

NOTE

[1] "TECHSTART-key enabling TECHnologies and Smart environmenT in the Age of gReen economy. Convergent innovations in the open space/building system for climaTe mitigation" PRIN 2017; "MakingPEDs – Decision-Making Digital Twins for Climate Neutral PEDs"; "POSIEDON – Project POSitive Energy Initiatives in Districts fOr Neutral Mediterranean cities", DUT 2022; "WE Generate- Co-creating people-centric sustainable neighbourhoods through urban regeneration", HEU-CL5-22-D4-0-02.

[2] Deliverable 2.2 "Solutions Toolkit for Climate Neutral PEDs" e 2.1 "Full harmonized inputs assessment framework", progetto MakingPEDs.

[3] Nello specifico, abbiamo usato la versione dello standard CityGML 2.0 (Gröger *et al.*, 2012).

[4] Nello specifico, abbiamo adottato il modello "gpt-4" di OpenAI (2023).

[5] Il LoD (*Level of Detail*) elaborato nel progetto è confrontabile con quello indicato come LoD 2 nello standard CityGML – ma privo dei dettagli sulle coperture inclinate – mentre i dettagli integrabili tramite modellazione in Blender sono previsti nel LoD 3 (Biljecki, 2017).

[6] Oltre all'importazione dei dati provenienti dal DBGT del Lazio, al fine di validare robustezza e replicabilità del metodo, sono stati condotti test positivi con i dataset regionali e locali sulla città di Cesena.

[7] Ad esempio, nell'elaborazione di strumenti quali i PAESC (Piani d'Azione per l'Energia Sostenibile e il Clima) e la PFTE (Progettazione di Fattibilità Tecnico-Economica).

REFERENCES

Agugiaro, G., Benner, J., Cipriano, P. and Nouvel, R. (2018), "The Energy Application Domain Extension for CityGML: Enhancing Interoperability for Urban Energy Simulations", *Open Geospatial Data, Software and Standards,* Vol. 3, n. 2. Available at: https://doi.org/10.1186/s40965-018-0042-y (Accessed on 28/02/2025).

- evaluating the impacts and replicability of retrofit solutions tested in case studies;
- establishing an integrated supply chain among diverse economic and institutional actors – public administrations, universities, research bodies, companies, and third parties;
- promoting the establishment of new enterprises specialising in digitalisation and modelling;
- developing new professional roles – capacity building – such as community managers or energy managers, aimed at enhancing the effectiveness of implemented measures and mitigating long-term community conflicts;
- acquiring distinctive regional competencies beneficial for stimulating sustainable innovation processes;
- increasing the ability to attract further public and private investments and funding.

ACKNOWLEDGEMENTS

The research was funded by "Project ECS 0000024 Rome Technopole – CUP F83B22000040006, NRP Mission 4 Component 2 Investment 1.5, Funded by the European Union – NextGenerationEU".

NOTES

[1] "TECHSTART-key enabling TECHnologies and Smart environmenT in the Age of gReen economy. Convergent innovations in the open space/building system for climaTe mitigation" PRIN 2017; "MakingPEDs – Decision-Making Digital Twins for Climate Neutral PEDs"; "POSIEDON – Project POSitive Energy Initiatives in Districts fOr Neutral Mediterranean cities", DUT 2022; "WE Generate-Co-creating people-centric sustainable neighbourhoods through urban regeneration", HEU-CL5-22-D4-0-02.

[2] Deliverables 2.2 "Solutions Toolkit for Climate Neutral PEDs" and 2.1 "Full harmonised inputs assessment framework" from the MakingPEDs project.

[3] Specifically, we employed version 2.0 of the CityGML standard (Gröger *et al.*, 2012).

[4] Specifically, we used the "gpt-4" model by OpenAI (2023).

[5] The Level of Detail (LoD) developed within the project is comparable to LoD 2 as specified in the CityGML standard – excluding details of inclined roofs – while the details achievable through Blender modelling correspond to LoD 3 (Biljecki, 2017).

[6] Besides importing data from the Lazio DBGT, to validate the robustness and replicability of the method, successful tests were conducted with regional and local datasets for the city of Cesena.

[7] For instance, in developing tools such as SECAP (Sustainable Energy and Climate Action Plans) and Italian-specific PFTE (*Progettazione di Fattibilità Tecnico-Economica*, Technical and Economical Feasibility Project).

Bibri, S.E., Huang, J., Jagatheesaperumal, S.K. and Krogstie, J. (2024), "The Synergistic Interplay of Artificial Intelligence and Digital Twin in Environmentally Planning Sustainable Smart Cities: A Comprehensive Systematic Review", *Environmental Science and Ecotechnology*, Vol. 20, p. 100433. Available at: https://doi.org/10.1016/j.ese.2024.100433 (Accessed on 28/02/2025).

Biljecki, F. (2017), *Level of detail in 3D city models*, TU Delft. Available at: https://doi.org/10.4233/uuid:f12931b7-5113-47ef-bfd4-688aae3be248 (Accessed on 28/02/2025).

Bolton, A., Butler, L., Dabson, I., Enzer, M., Evans, M., Fenemore, T., Harradence, F., Keaney, E., Kemp, A., Luck, A. *et al.* (2018), *Gemini Principles*, CDBB. Available at: https://doi.org/10.17863/CAM.32260 (Accessed on 28/02/2025).

Civiero, P., Pascual, J., Arcas Abella, J., Bilbao Figuero, A. and Salom, J. (2021), "PEDRERA. Positive Energy District Renovation Model for Large Scale Actions", *Energies*, Vol. 14, n. 10, p. 2833. Available at: https://doi.org/10.3390/en14102833 (Accessed on 28/02/2025).

Ferrando, M., Causone, F., Hong, T. and Chen, Y. (2024), "Urban Building Energy Modeling (UBEM) tools: A state-of-the-art review of bottom-up physics-based approaches", *Sustainable Cities and Society*, Vol. 62, p. 102408. Available at: https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102408 (Accessed on 28/02/2025).

Grieves, M. and Vickers, J. (2017), "Digital Twin: Mitigating Unpredictable, Undesirable Emergent Behavior in Complex Systems", in Kahlen, F.-J., Flumerfelt, S. and Alves, A. (Eds.), *Transdisciplinary Perspectives on Complex Systems*, Springer, Cham, pp. 85-113. Available at: https://doi.org/10.1007/978-3-319-38756-7_4 (Accessed on 28/02/2025).

Gröger, G., Kolbe, T.H., Nagel, C. and Häfele, K.H. (2012), *OGC City Geography Markup Language (CityGML) Encoding Standard*. Available at: https://www.ogc.org/publications/standard/citygml/ (Accessed on 28/02/2025).

Kritzinger, W., Karner, M., Traar, G., Henjes, J. and Sihn, W. (2018), "Digital Twin in Manufacturing: A Categorical Literature Review and Classification", *IFAC-PapersOnLine*, Vol. 51, n. 11, pp. 1016-22. Available at: https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2018.08.474 (Accessed on 28/02/2025).

OpenAI (2023), "GPT-4 Technical Report", *arXiv preprint arXiv:2303.08774*. Available at: https://doi.org/10.48550/arXiv.2303.08774 (Accessed on 28/02/2025).

OpenStreetMap contributors (2025), *Planet dump retrieved from* https://planet.osm.org. Available at: https://www.openstreetmap.org (Accessed on 28/02/2025).

Regione Lazio (2014). *Database GeoTopografico (DBGT) – Scala 1:5.000 – v. 2014 – Formato SpatiaLite*. Available at: https://geoportale.regione.lazio.it/documents/261 (Accessed on 28/02/2025).

Yao, Z., Nagel, C., Kunde, F., Hudra, G., Willkomm, P., Donaubauer, A., Adolphi, T. and Kolbe, T.H. (2018), "3DCityDB – a 3D Geodatabase Solution for the Management, Analysis, and Visualization of Semantic 3D City Models Based on CityGML", *Open Geospatial Data, Software and Standards*, Vol. 3, n. 5. Available at: https://doi.org/10.1186/s40965-018-0046-7 (Accessed on 28/02/2025).

Wan, L., Nochta, T. and Schooling, J.M. (2019), "Developing a City-Level Digital Twin – Propositions and a Case Study", in *International Conference on Smart Infrastructure and Construction 2019 (ICSIC)*, ICE Publishing, Cambridge, UK, pp. 187-94. Available at: https://doi.org/10.1680/icsic.64669.187 (Accessed on 28/02/2025).

PROXIMA. Dalla costruzione all'innovazione del rapporto edificio utente

Just Accepted: May 26, 2025 **Published:** November 06, 2025

Andrea Tartaglia[1], https://orcid.org/0000-0002-8782-5579 andrea.tartaglia@unict.it
Joseph di Pasquale[2], https://orcid.org/0000-0001-8636-2229 joseph.dipasquale@polimi.it
Gianpaolo Saverio Cugola[3], https://orcid.org/0000-0002-0921-7383 gianpaolo.cugola@polimi.it
[1] Dipartimento di Scienze Umanistiche, Università di Catania, Italia
[2] Dipartimento di Architettura, Ingegneria delle Costruzioni e Ambiente Costruito, Politecnico di Milano, Italia
[3] Dipartimento di Elettronica Informazione e Bioingegneria, Politecnico di Milano, Italia

Abstract. Finalità della ricerca è stata l'implementazione di un brevetto universitario (sistema costruttivo ibrido modulare Proxima) dal livello 2 "Ricerca applicata" al livello 6 "Convalida in ambiente operativo" della scala *Technology Readiness Level* (TRL), attraverso lo sviluppo di un prototipo funzionante. La collaborazione con un *network* di imprese costituito *ad hoc* ha dato l'opportunità di istituire e sviluppare una nuova filiera produttiva, trasferendo aggiornate conoscenze teoriche e metodologiche agli operatori del settore delle costruzioni, con obiettivi di miglioramento della capacità di rispondere quantitativamente e qualitativamente alla domanda di spazi/servizi abitativi e lavorativi, di mitigare gli impatti ambientali connessi all'inurbamento e di adeguare i modelli tecno-tipologici ai nuovi paradigmi dell'abitare.

Parole chiave: Sostenibilità degli edifici; Trasferimento tecnologico; Filiera produttiva; Sistema uomo edificio; Progettazione tecnologica.

Il contesto della ricerca

Già negli anni Novanta il sociologo Henry Etzkowitz (1993) aveva individuato nell'interazione tra ricerca universitaria, industria e mondo della pubblica amministrazione l'elemento fondamentale per lo sviluppo dell'innovazione non solo in chiave tecnologica, ma anche sociale ed economica, codificandolo come modello della tripla elica.
In Italia, questa esigenza di interazione, oggi formalizzata nel termine "terza missione" dell'università, trova riscontri anche in molteplici strumenti di supporto finanziario: tra questi si colloca il Programma di valorizzazione Boostech[1] che ha permesso l'implementazione di un brevetto universitario (sistema costruttivo ibrido modulare PROXIMA[2]) dal livello TRL 2 "Ricerca applicata" al livello TRL 6 "Convalida in ambiente operativo" della scala *Technology Readiness Level* (TRL), attraverso lo sviluppo di un prototipo funzionante (*Proof of Concept – PoC*). Dando anche l'opportunità di istituire e sviluppare una nuova filiera produttiva e un modello collaborativo e proattivo tra le diverse aziende coinvolte nella filiera stessa.
Il brevetto si collocava all'interno di una più ampia attività di ricerca finalizzata all'innovazione tecno-tipologica e dei modelli costruttivi/produttivi del settore delle costruzioni, per contenere gli impatti ambientali, per ridurre i tempi e le inefficienze dei processi di nuova costruzione e di adeguamento/rigenerazione/manutenzione straordinaria dei manufatti, e per migliorare la qualità dei servizi abitativi. Esigenze di innovazione espresse da utenti e gestori, note da tempo (JCHS, 2015), alle quali però il settore delle costruzioni ancora oggi non riesce a dare risposte sistemiche. Nonostante il mondo della prefabbricazione (AA. VV. 2011; Innella *et al*., 2019; Bruni, 2020) abbia proposto moduli abitativi innovativi, che possono, nei casi più evoluti, essere spostati e anche assemblati con altri moduli per costituire dei complessi abitativi più articolati, tali soluzioni rappresentano, nei fatti, dei sistemi autonomi con un ciclo di vita chiuso, che non prevedono né elevati standard di sostituibilità né possibilità di modifiche durante il ciclo di vita dell'edificio.
Per superare questi limiti, la sperimentazione ha cercato di costruire una visione sistemica più ampia, un vero ecosistema[3] che ripensasse i tradizionali modelli costruttivi e di erogazione dei

PROXIMA. From construction to innovation of the building-user relationship

Abstract. The aim of the research was the implementation of a university patent (Proxima modular hybrid construction system) from level 2 "Technology concept formulated" to level 6 "Technology demonstrated in relevant environment" of the Technology Readiness Level (TRL) scale, through the development of a working prototype. The collaboration with a network of companies set up specifically for this purpose gave the opportunity to establish and develop a new production chain, transferring updated theoretical and methodological knowledge to operators in the construction sector, with the aim of improving the ability to respond quantitatively and qualitatively to the demand for living and working spaces/services, to mitigate the environmental impacts associated with urbanisation, and to adapt the techno-typological models to the new paradigms of living.

Keywords: Building sustainability; Technology transfer; Production chain; Human-building system; Technological design.

The context of the research

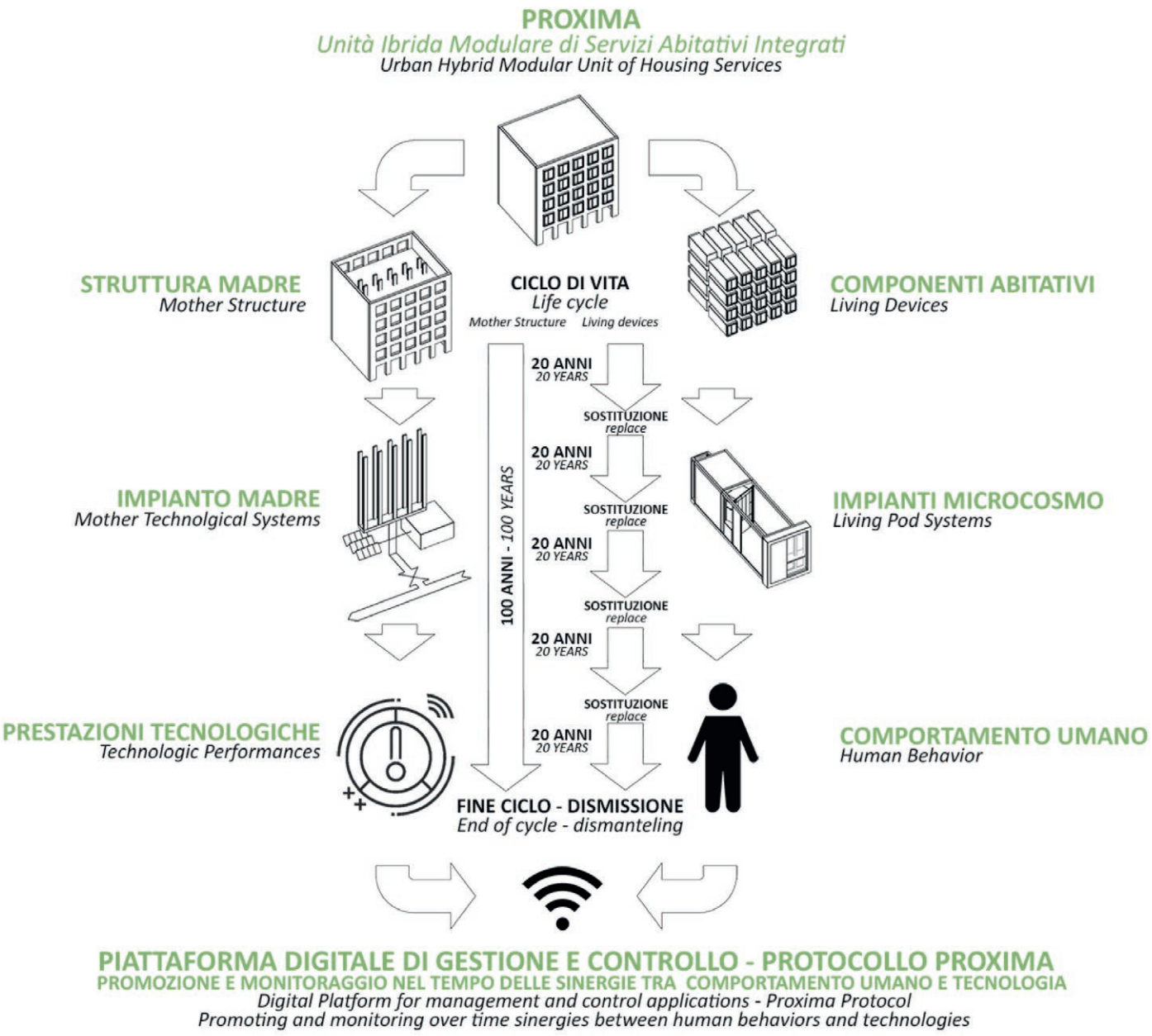
Already in the 1990s, sociologist Henry Etzkowitz (1993) had identified the interaction between university research, industry, and the world of public administration as the fundamental element for the development of innovation not only in a technological, but also social and economic key, codifying it as the triple helix model. In Italy, this need for interaction, today formalised in the term "third mission" of the university, is also reflected in multiple financial support tools, including the Boostech[1] valorisation programme, which has allowed the implementation of a university patent (PROXIMA[2] modular hybrid construction system) from the TRL 2 "Technology concept formulated" level to the TRL 6 "Technology demonstrated in relevant environment" level of the Technology Readiness Level (TRL), through the development of a working prototype (Proof of Concept – PoC). Also providing the opportunity to establish and develop a new production chain and a collaborative and proactive model between the various companies involved in the chain itself.
The patent was part of a broader research activity aimed at techno-typological and construction/production models innovation in the construction sector, to contain environmental impacts, to reduce the times and inefficiencies of new construction and adaptation/regeneration/maintenance processes of buildings, and to improve the quality of housing services. Innovation needs are expressed by users

ISSN online: 2239-0243 | © 2025 Author(s) | http://www.fupress.com/techne | DOI: 10.36253/techne-17410
Open access, peer-reviewed article published by Firenze University Press (https://www.fupress.com) and distributed, except where otherwise noted, under the terms of the CC BY 4.0 License for content and CC0 1.0 Universal for metadata

01 | Modello concettuale dell'ecosistema di costruzione modulare ibrida PROXIMA e integrazione con la piattaforma digitale di controllo
Conceptual model of the PROXIMA hybrid modular construction ecosystem and integration with the digital control platform

servizi, anche nei casi di industrializzazione più spinta. Nell'ecosistema PROXIMA, l'edificio viene scomposto in una "struttura madre" che ospita le principali dorsali impiantistiche (con un ciclo di vita di circa cento anni), sulla quale si innestano moduli intercambiabili, definiti "tecnomoduli" che integrano l'impiantistica elettrica, idraulica e meccanica (con un ciclo di vita decennale, o anche inferiore) (Mussineli *et al*., 2017; di Pasquale *et al*., 2020), garantendo una completa flessibilità e adattabilità al mutare della domanda abitativa o lavorativa (Fig. 1). Il modello così strutturato può trovare molteplici ambiti applicativi con riferimento, ad esempio, alla residenza a basso costo o per il mercato libero, alla domanda di residenza temporanea e ai nuovi modelli di vita e lavorativi che richiedono una sempre maggiore mobilità. Queste strutture ibride possono avere una interessante applicazione anche in contesti di completamento urbano, in aderenza a fronti ciechi, in lotti residuali e per rige-

01 |



nerare tessuti degradati. Oppure laddove sia richiesto un continuo aggiornamento tecnologico e delle attrezzature, come nel caso delle strutture sanitarie.
Il "tecnomodulo" PROXIMA, esito del trasferimento tecnologico e della collaborazione con il mondo delle imprese e della produzione, fa parte di questo nuovo ecosistema delle costruzioni, e si configura come un aggregatore di sistemi tecnologici e servizi più volte inseribile ed estraibile da una struttura edilizia a lungo ciclo di vita con modalità *plug-in*. Nel tecnomodulo le tecnologie dell'architettura ibrida modulare sono integrate con una piattaforma digitale di gestione e controllo che governa i principali sistemi tecnico impiantistici necessari ad attivare e rendere funzionante uno spazio abitativo e/o lavorativo. Attraverso apposite dotazioni sensoristiche, il tecnomodulo diviene così anche strumento di raccolta e gestione di dati sull'uso delle risorse e sul microclima (energia, acqua, aria) necessari per concretizzare un nuovo modello relazionale bidirezionale e sinergico tra i comportamenti degli utenti e il sistema tecnologico edificio-impianti. In un unico elemento facilmente sostituibile e implementabile si condensano la maggior parte dei contenuti tecnologici e di controllo che servono a fornire le principali risposte alle esigenze di carattere abitativo e lavorativo degli utenti, nonché necessari ad ottimizzare la gestione e ad erogare e differenziare i servizi da parte dei gestori e manutentori. Diventa così possibile adeguare in tempi molto rapidi i servizi che uno spazio è in grado di erogare all'utente, sia intervenendo attraverso le dotazioni informatiche e di controllo presenti in ogni tecnomodulo, sia sostituendo il tecnomodulo con un altro dotato di differenti tecnologie o con una diversa articolazione spaziale e funzionale.

Metodologia

Per lo sviluppo del primo PoC, anche per ragioni di economicità e di facilità nella definizione del quadro esigenziale, si è deciso di adottare come funzione di riferimento quella residenziale, realizzando un prototipo di tecnomodulo in grado di fornire tutti i contenuti tecnologici necessari a due unità abitative.

Quadro esigenziale e sviluppo progettuale

Il primo *step* è stato quello di esplicitare tutti i requisiti funzionali e prestazionali da garantire, così da poter poi identificare le dotazioni spaziali, impiantistiche e di attrezzamento minime. Tali requisiti sono stati quindi formalizzati in una matrice nella quale le esigenze degli attori convolti nell'uso e nella gestione del manufatto sono state relazionate con i livelli prestazionali dei servizi da erogare e con le soluzioni tipologiche e le componenti tecnologiche adottabili.
Parallelamente è stato anche necessario predisporre un'analisi dei requisiti relativi alla piattaforma software di monitoraggio e gestione.
In questo caso sono stati identificati i requisiti funzionali da offrire ai diversi attori in campo che sono stati raggruppati in sei tipologie:

- "utente del sistema", colui che usa lo spazio abitativo/lavorativo e sfrutta i servizi associati al nuovo modello;
- "gestore", che gestisce la struttura, operando da controparte rispetto all'utente;
- "proprietario" che possiede la struttura e l'ha data in gestione al gestore;
- "vicino", colui che gestisce una attività commerciale o un'impresa di servizi situata nelle vicinanze della struttu-

and building managers, known for some time (JCHS, 2015), to which the construction sector is still unable to provide systemic answers. Although the world of prefabrication (AA. VV. 2011; Innella *et al.*, 2019; Bruni, 2020) has proposed innovative housing modules, which can, in the most advanced cases, be moved and even assembled with other modules to create more complex housing complexes, these solutions propose autonomous systems with a closed life cycle, which do not provide for high standards of replaceability or the possibility of modifications during the life cycle of the building.
To overcome these limitations, the experimentation sought to build a broader systemic vision, a true ecosystem[3] that rethinks traditional construction and service delivery models, even in cases of more advanced industrialisation. In the PROXIMA ecosystem, the building is broken down into a "mother structure" that houses the main plant backbones (with a life cycle of about one hundred years), onto which interchangeable modules are grafted, defined as "technomodules" that integrate the electrical, hydraulic and mechanical systems (with a ten-year life cycle, or even less) (Mussinelli *et al.*, 2017; di Pasquale *et al.*, 2020), ensuring complete flexibility and adaptability to changing housing or work demands (Fig. 1). The model thus structured can find multiple areas of application with reference, for example, to low-cost or free-market housing, to the demand for temporary residence, and to new life and work models that require ever-increasing mobility. These hybrid structures can have an interesting application also in contexts of urban completion, in adherence to blind fronts, in residual lots and to regenerate degraded fabrics, or where continuous technological and equipment updating is required, as in the case of healthcare facilities.
The PROXIMA "technomodule", the result of technology transfer and collaboration with the world of production, is part of this new construction ecosystem. It is configured as an aggregator of technological systems and services that can be inserted and extracted multiple times from a long-life building structure with plug-in mode. In the technomodule, the technologies of modular hybrid architecture are integrated with a digital management and control platform that governs the main technical and plant systems needed to activate and make a living and/or working space functional. Through specific sensor equipment, the technomodule thus also becomes a tool for collecting and managing data on the use of resources (energy, water, air), and for managing the microclimate needed to implement a new bidirectional and synergic relational model between user behaviour and the building-plant technological system. A single element, which is easily replaceable and implementable, contains most of the technological and control contents required to provide the main answers to the residential and working needs of the users, as well as the answers necessary for building managers and maintenance personnel to optimise management and provide differentiated services. It thus becomes possible to adapt, in a very short time, the services a space is able to provide to the user, both by intervening through the IT and control equipment present in each technomodule, and by replacing the technomodule with

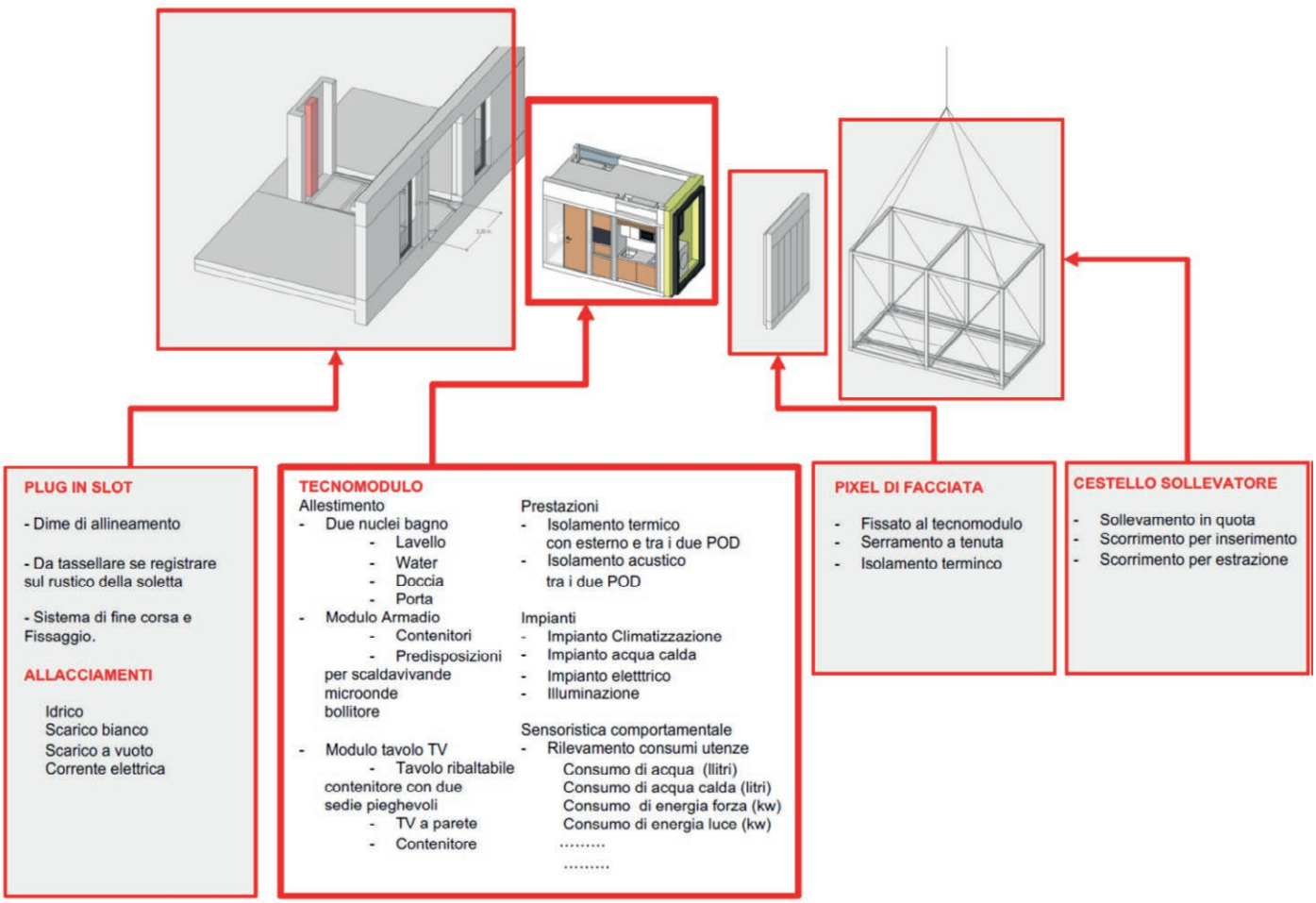
02 | Elementi costituenti il tecnomodulo per l'attivazione di due unità abitative
Elements constituting the technomodule for the activation of two housing units

ra e che è quindi interessato a vendere prodotti o a fornire servizi aggiuntivi agli utenti direttamente o attraverso la mediazione del gestore;
– "soggetto istituzionale", cioè gli uffici comunali, provinciali o regionali che hanno interesse ad interagire con utenti, gestori o proprietari in funzione dei servizi che questi erogano;
– "attore altro", che rappresenta altre classi di potenziali utenti.

Inoltre, sono stati catalogati le fonti dati (sensori) e i principali attuatori che permettono il collegamento tra livello software e livello fisico.
Su questa base sono stati definiti anche i principali requisiti non funzionali[4] ed è stato elaborato un primo schema architetturale al fine di poter comparare le capacità delle piattaforme informatiche esistenti di soddisfare i requisiti identificati.
Costruito questo quadro di riferimento, sono stati sviluppati i primi schemi progettuali del tecnomodulo (Fig. 2) che prevedevano di includere nel prototipo due bagni, due angoli cottura, le macchine per la climatizzazione delle unità abitative, i sistemi plug-in per la connessione alle colonne montanti dell'impiantistica principale (forza motrice, rete dati, acqua sanitaria e colonna di scarico), tutta la sensoristica e le componenti per la raccolta e l'elaborazione dei dati, nonché l'elemento di chiusura della facciata.

Trasferimento tecnologico e costruzione della filiera produttiva
Va qui evidenziato il fatto che, dati i tempi brevi di finalizzazione imposti dal programma Boostech, il tecnomodulo PROXIMA poteva essere realizzato solo attraverso l'aggregazione di componenti e prodotti già esistenti, per giungere rapidamente a un prototipo completo e funzionante. Ciò ha richiesto di ragionare con le imprese coinvolte sul tema di possibili innovazioni di prodotto, valutando i limiti dei prodotti esistenti e la possi-

02 |



bilità di introdurre – in fase di industrializzazione – modifiche finalizzate alla produzione di componenti più performanti (per dimensioni, caratteristiche e prestazioni) sia per quanto riguarda l'efficienza e la funzionalità del tecnomodulo stesso, sia per quanto concerne la precisione e qualità dei dati che devono essere raccolti e gestiti.
Al fine di costruire la filiera produttiva è stata fatta una intensa attività di analisi delle società presenti sul mercato operanti, rispetto agli specifici settori merceologici necessari per completare il prototipo. In particolare, per la costruzione del modello di struttura madre e per l'assemblaggio del tecnomodulo si sono ricercate società operanti nella prefabbricazione avanzata e nella fornitura di prodotti e servizi per l'assemblaggio di moduli prefabbricati; per fornire e completare i contenuti tecnologici sono state identificate realtà attive nella fornitura di prodotti e servizi per la domotica, l'impiantistica elettrica, l'impiantistica idrico sanitaria, gli impianti speciali, la sensoristica e le piattaforme digitali. Inoltre, per l'installazione di impianti speciali e il loro collaudo, si è evidenziata l'esigenza di coinvolgere manodopera altamente specializzata; personale non sempre presente all'interno degli organigrammi delle aziende fornitrici. Per quanto riguarda infine l'accessoristica e gli elementi di attrezzamento di bagni e cucine si è deciso di operare acquistando prodotti a catalogo.
La ricerca ha permesso di verificare che non esistevano imprese o gruppi di imprese anche multinazionali già organizzate e in grado di coprire tutte le competenze e le forniture necessarie alla produzione del tecnomodulo nella sua complessità. È inoltre emerso che, mentre alcune competenze (es: *software* e piattaforme per l'elaborazione di dati, componenti tecnologiche di carattere impiantistico elettrico e meccanico in grado di connettersi con sistemi digitali – IoT, ecc.) sono ormai ben presenti nei gruppi multinazionali, altri elementi o attività necessarie (es: capacità di gestire l'assemblaggio di componentistica di tipologie differenti e proveniente da diversi fornitori, predisporre in tempi rapidi soluzioni prototipali, ecc.) possono essere ritrovate (almeno nel contesto italiano) solo nelle piccole e medie imprese, che si caratterizzano per la loro flessibilità e la capacità di adattarsi rapidamente a nuove esigenze e necessità anche lontane della loro produzione abituale.
Nel selezionare le aziende *partner*, è stato inoltre essenziale accertare la loro disponibilità non solo a fornire i prodotti necessari, ma anche e soprattutto a condividere con il gruppo di ricerca e con l'intera filiera le proprie competenze specialistiche; anche facendosi carico di modificare i propri prodotti e/o prassi operative al fine di migliorare il risultato finale[5]. Infatti, da un lato la ricerca universitaria ha permesso di trasferire alle imprese una nuova visione d'insieme per il settore delle costruzioni, mostrando ai diversi partner coinvolti nuove opportunità di applicazione e nuovi mercati per i loro prodotti, nonché scenari di evoluzione della domanda utili ad indirizzare l'evoluzione dei prodotti già sul mercato. Dall'altro il mondo della produzione ha contribuito a fornire le informazioni essenziali per rendere esecutivo e costruibile il progetto, anche riflettendo su come gestire le interfacce e le interferenze tra le diverse componenti e sistemi tecnologici. In questo senso un tema particolarmente sensibile è stato quello di avere macchine e sensori forniti anche da produttori diversi, in grado però di generare dati e di ricevere informazioni di comando attraverso sistemi compatibili e gestibili da un'unica piattaforma.

another one equipped with different technologies or with different spatial and functional articulation.

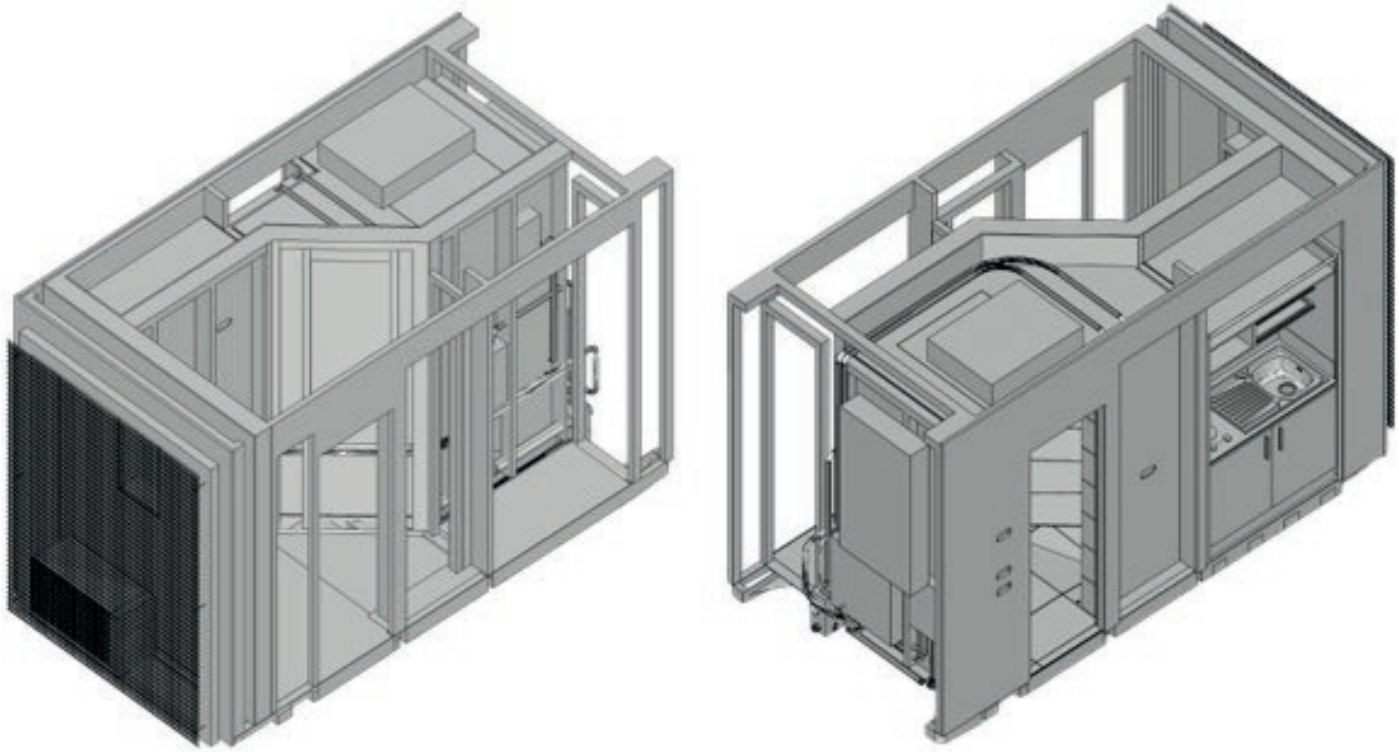
Methodology
For the development of the first PoC, also for reasons of cost-effectiveness and ease in defining the requirements framework, it was decided to adopt the residential function as the reference function, creating a prototype of a technomodule capable of providing all the technological contents necessary for two housing units.

Requirements framework and project development
The first step was to specify all the functional and performance requirements to be guaranteed in order to identify the minimum spatial, plant and equipment provisions. These requirements were then formalised in a matrix in which the needs of the actors involved in the use and management of the artifact were related to the performance levels of the services to be provided, and to the typological solutions and technological components that could be adopted.
At the same time, it was also necessary to prepare an analysis of the requirements relating to the monitoring and management software platform.
In this case, the functional requirements to be offered to the various actors in the field were identified and grouped into six typologies:
– "system user", the person who uses the living/working space and exploits the services associated with the new model;
– "manager", who manages the structure, acting as a counterpart to the user;
– "owner", who owns the structure and has given it to the manager to manage;
– "neighbour", the person who runs a commercial activity or a service company located in the vicinity of the facility and who is, therefore, interested in selling products or providing additional services to users either directly or through the mediation of the manager;
– "institutional entity", i.e. municipal, provincial or regional offices that have an interest in interacting with users, managers or owners based on the services they provide;
– "other actor", representing other classes of potential users.

Furthermore, the data sources (sensors) and the main actuators that allow the connection between the software level and the physical level were catalogued.
On this basis, the main non-functional requirements[4] were also defined and a first architectural scheme was developed to compare the capabilities of existing IT platforms to meet the identified requirements.
Once this reference framework was built, the first design schemes of the technomodule were developed (Fig. 2). They envisaged including in the prototype two bathrooms, two kitchenettes, the machines for the air conditioning of the housing units, the plug-in systems for the connection to the main plant risers (driving force, data network, sanitary water and waste column), all the sensors and the components for data collection and processing, as well as the closing element of the façade.

Technology transfer and construction of the production chain
It must be said that, given the short

03 | Visualizzazione 3d del modello BIM in una fase intermedia di lavorazione
3D visualisation of the BIM model in an intermediate processing phase



Data anche la necessità di contenere le dimensioni del tecnomodulo all'interno delle misure ipotizzate in fase di brevetto (per poterlo trasportare con modalità non eccezionali e per rispettare l'altezza massima stabilita, inferiore a quella di interpiano degli edifici tradizionali), prima di procedere alla costruzione, si è deciso di centralizzare le informazioni dimensionali in un unico modello BIM (Fig. 3), quale riferimento comune per tutte le scelte progettuali: utile quindi per verificare rapidamente la fattibilità delle alternative e/o delle propose migliorative che venivano discusse durante gli incontri di coordinamento tra tutti gli attori coinvolti; per controllare le possibili interferenze e la reale accessibilità a quei componenti che richiedano nel tempo eventuali interventi di controllo, manutentivi o di sostituzione.

Esiti della ricerca Il prototipo realizzato (Fig. 4) è oggi funzionante in tutta la componentistica, inclusa quella di rilevazione ed elaborazione dei dati, ed è utilizzabile anche in contesti reali; sono state fatte

time required for finalisation by the Boostech programme, the PROXIMA technomodule could only be created by aggregating existing components and products to quickly create a complete and functioning prototype. This required reasoning with the companies involved on the topic of possible product innovations, evaluating the limits of existing products and the possibility of introducing – in the industrialszation phase – changes aimed at producing higher performance components (in terms of size, characteristics and performance) both concerning efficiency and functionality of the technomodule itself, and also regarding the precision and quality of the data to be collected and managed.
In order to build the production chain, an intense analysis of the companies present on the market operating in relation to the specific product sectors necessary to complete the prototype was carried out. In particular, for the construction of the mother structure model and for the assembly of the technomodule, companies operating in advanced prefabrication and in the supply of products and services for the assembly of prefabricated modules were sought; to provide and complete the technological contents, companies active in the supply of products and services for home automation, electrical systems, water and sanitary systems, special systems, sensors and digital platforms were identified. Furthermore, for the installation of special systems and their testing, the need to involve highly specialized labor was highlighted; personnel not always present within the organizational charts of the supplier companies. Finally, regarding the accessories and equipment elements for bathrooms and kitchens, it was decided to operate by purchasing catalog products.
The research has allowed to verify that there were no companies or groups of companies, even multinationals, already organized and able to cover all the skills and supplies necessary to produce the technomodule in its complexity. It has also emerged that, while some skills (e.g. software and platforms for data processing, technological components of an electrical and mechanical plant nature capable of connecting with digital systems – IoT, etc.) are now well present in multinational groups, other elements or necessary activities (e.g. ability to manage the assembly of components of different types and coming from different suppliers, quickly prepare prototype solutions, etc.) can be found (at least in the Italian context) only in small and medium-sized companies, which are characterized by their flexibility and ability to quickly adapt to new needs and requirements even far from their usual production.
In selecting the partner companies, it was also essential to ascertain their availability not only to supply the necessary products, but also and above all to share their specialist skills with the research group and the entire supply chain; also accepting to modify their products and/or operating practices to improve the final result[5]. In fact, university research has allowed companies to be given a new overall vision for the construction sector, showing the various partners involved new application opportunities and new markets for their products, as well as demand evolution scenarios useful to direct the evolution of products already on the market. The world of production has also contributed to providing the es-

04 | Fotografia del prototipo realizzato
Photograph of the prototype built

| 04

alcune prove di inserimento ed estrazione in quota, utilizzando un solaio prefabbricato standard (Fig. 5), che hanno ulteriormente confermato la semplicità degli eventuali interventi di sostituzione in fase d'uso.
Il continuo scambio di informazioni con il mondo della produzione (rappresentato da società, anche multinazionali, che operano nei settori dell'impiantistica elettrica, idraulica e meccanica, della prefabbricazione pesante e leggera, dell'industrializzazione con assemblaggio *off-site*, della sensoristica, nonché dello sviluppo di soluzioni avanzate per la trasformazione digitale, e da un consorzio di installatori specializzati) ha consentito di lavorare sulla modularizzazione delle componenti a ciclo di vita più corto, con la conseguente possibilità di produrle off-site, individuando criteri di standardizzazione dell'interfaccia e specifiche dimensionali che, in prospettiva, potranno innescare economie sufficienti per una produzione su larga scala. In questo modo si è perseguita la massima efficienza dei sottosistemi in relazione al loro ciclo di vita, combinando efficacemente processi e tecnologie produttive *on-site* e *off-site*, dando la possibilità di implementare adeguamenti tecno-tipologici più frequentemente e in modo meno invasivo rispetto a quanto avviene normalmente, anche laddove si adottano soluzioni assemblate a secco e/o prefabbricate.
Con le società che hanno collaborato alla definizione degli elementi strutturali e all'assemblaggio si è deciso, anche per gli elementi di scorrimento del tecnomodulo, di utilizzare sistemi a catalogo, al fine di valutare i limiti dei prodotti esistenti ed eventualmente sviluppare soluzioni ad hoc, nel caso brevettabili. Infatti, un ulteriore obiettivo della ricerca, pur se prioritariamente finanziata per la realizzazione del PoC del brevetto, è stato quello di costruire la base conoscitiva necessaria all'implementazione delle tecnologie non pienamente "adatte", così da sviluppare, successivamente, sia autonomamente come università, sia con le aziende partner, nuovi brevetti utili a rendere più completo ed efficace l'ecosistema PROXIMA.

Conclusioni

Attraverso il network di imprese *ad hoc* costituito, con lo sviluppo delle attività di ricerca, sono state trasferite e aggiornate conoscenze teoriche e metodologiche agli operatori del settore delle costruzioni e alle correlate filiere produttive, migliorando la loro capacità di rispondere quantitativamente e qualitativamente alla domanda di spazi/servizi abitativi e lavorativi, con soluzioni in grado di mitigare gli impatti ambientali connessi al fenomeno dell'inurbamento e adeguando i modelli tecno-tipologici ai nuovi paradigmi dell'abitare. Questo processo di trasferimento di *know-how* ha anche permesso alle imprese di verificare le possibilità evolutive dei propri prodotti, identificando nuovi mercati e opportunità di applicazione, nonché di testare l'adattabilità delle proprie linee di produzione agli innovativi

sential information to make the project executive and buildable, also reflecting on how to manage the interfaces and interference among the different components and technological systems. In this sense, a particularly sensitive issue was that of having machines and sensors supplied by different manufacturers, but capable of generating data and receiving command information through compatible systems that can be managed from a single platform.
Given the need to contain the dimensions of the technomodule within the measures hypothesised in the patent phase (to be able to transport it in non-exceptional ways and to respect the maximum height established, lower than that of the inter-storey of traditional buildings), before proceeding with construction, it was decided to centralise the dimensional information in a single BIM model (Fig. 3), as a common reference for all design choices. Hence, it would be useful to quickly verify the feasibility of alternatives and/or improvement proposals that were discussed during the coordination meetings between all the actors involved, and also to control possible interferences and the real accessibility to components that require control, maintenance or replacement interventions over time.

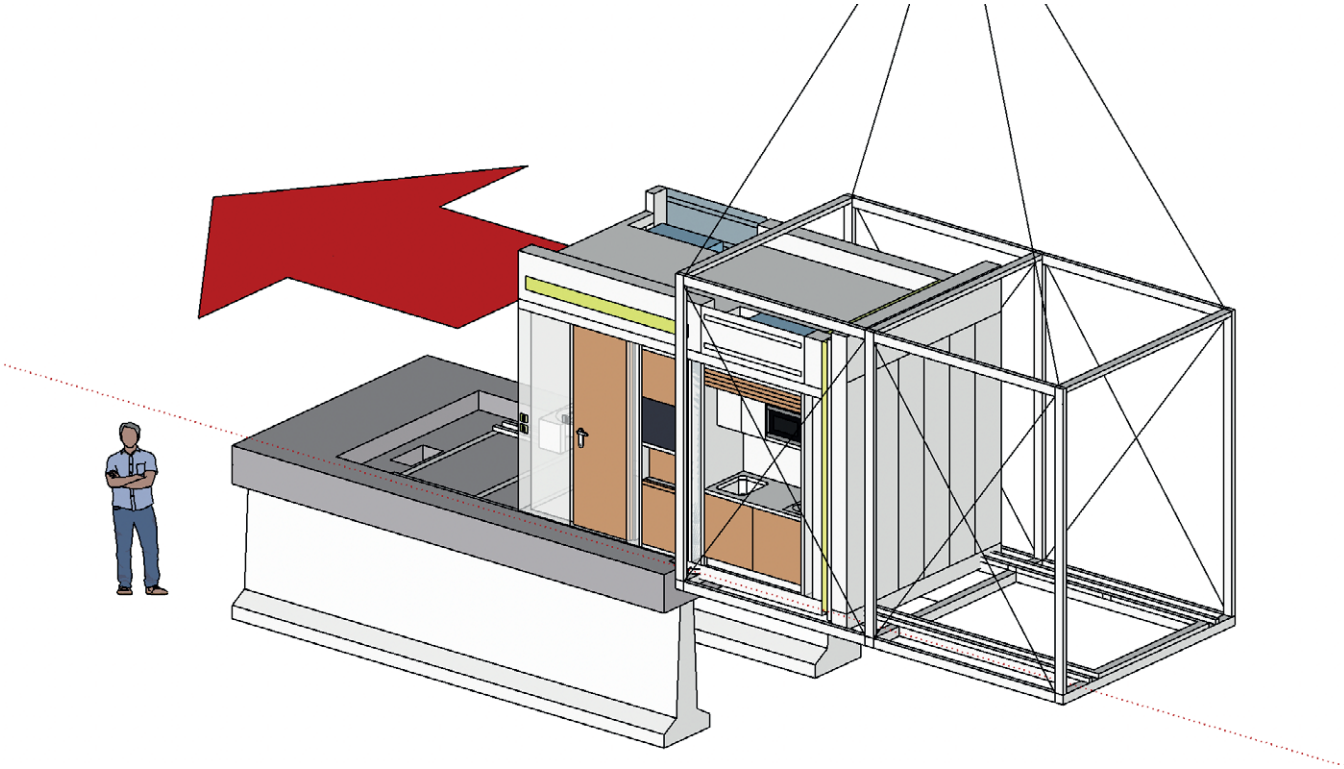
Research results

The prototype built (Fig. 4) is now functional in all its components, including the data collection and processing one, and can also be used in real contexts. Some insertion and extraction tests at height were carried out using a standard prefabricated slab (Fig. 5), which further confirmed the simplicity of any replacement interventions during use.

The continuous exchange of information with the world of production (represented by companies, including multinationals, operating in the sectors of electrical, hydraulic and mechanical systems, heavy and light prefabrication, industrialisation with off-site assembly, sensors, as well as the development of advanced solutions for digital transformation, and by a consortium of specialised installers) has allowed us to work on the modularisation of the components with a shorter life cycle. This offers the possibility of producing them off-site, identifying interface standardisation criteria and dimensional specifications that, in perspective, will be able to trigger sufficient savings for large-scale production. The maximum efficiency of the subsystems in relation to their life cycle was thus pursued, effectively combining on-site and off-site production processes and technologies, giving the possibility of implementing techno-typological adjustments more frequently and in a less invasive way than normally occurs, even where dry-assembled and/or prefabricated solutions are adopted.
With the companies that collaborated in defining the structural elements and assembly, it was decided, also for the sliding elements of the technomodule, to use catalogue systems, to evaluate the limits of existing products, and to possibly develop *ad hoc* solutions that are patentable, if necessary. In fact, a further objective of the research, although primarily funded for the creation of the patent PoC, was to build the knowledge base necessary for the implementation of technologies that were not fully "suitable", so as to subsequently develop, both independently as a university, and with partner companies, new patents studied to make

05 | Schema di simulazione progettuale delle prove di inserimento ed estrazione effettuate
Design simulation scheme of the insertion and extraction tests carried out

05 |



scenari delineati dalla ricerca. Inoltre, si sono generate nuove relazioni di filiera che hanno messo a sistema le capacità produttive e anche di distribuzione e commercializzazione delle grandi imprese con la flessibilità e capacità adattiva della piccola e media impresa, anche di carattere artigianale. Tutto ciò ha fatto anche nascere delle relazioni più strette tra università e mondo delle imprese, relazioni che si stanno evolvendo nella direzione della costituzione di uno specifico *spin-off* universitario finalizzato allo sviluppo dell'idea e alla sua commercializzazione, anche coinvolgendo i partner che hanno collaborato alla concretizzazione del PoC.
In sintesi, si è confermato, anche con riferimento al settore delle costruzioni e dei servizi correlati al patrimonio costruito, quanto teorizzato da Etzkowitz rispetto al modo in cui il trasferimento di conoscenze e tecnologie dalla ricerca universitaria al mondo dell'industria possa sostenere ed incoraggiare innovazioni di carattere produttivo ma anche sociale, culturale ed economico.

the PROXIMA ecosystem more complete and effective.

Conclusions
Through the *ad hoc* network of companies set up with the development of research activities, theoretical and methodological knowledge has been transferred and updated to operators in the construction sector and related production chains. This has improved their ability to respond quantitatively and qualitatively to the demand for living and working spaces/services, with solutions capable of mitigating the environmental impacts associated with the phenomenon of urbanisation, and of adapting the techno-typological models to the new paradigms of living. This process of transferring know-how has also allowed companies to verify the evolutionary possibilities of their products, identifying new markets and application opportunities, as well as testing the adaptability of their production lines to the innovative scenarios outlined by the research. Furthermore, new supply chain relationships have been generated that have systematised the production, distribution and marketing capabilities of large companies with the flexibility and adaptive capacity of small and medium-sized enterprises, including artisanal ones. All this has also given rise to closer relationships between university and the business world, relationships that are evolving towards the creation of a specific university spin-off aimed at developing the idea and its commercialisation, also involving the partners who collaborated in the creation of the PoC. In short, what Etzkowitz theorised regarding how the transfer of knowledge and technologies from university research to the industrial world can support and encourage innovations of a productive, but also of a social, cultural and economic nature has been confirmed, also with reference to the construction sector and the related services.

ACKNOWLEDGEMENTS
The research was funded by the "BOOSTECH" Enhancement Programme, a competitive call funded by the European Union – NextGenerationEU. Research group: Andrea Tartaglia (scientific director), Joseph di Pasquale (coordinator), Gianpaolo Saverio Cugola (manager for information processing systems and digital management models), Elena Mussinelli (manager for technological and environmental design), Giovanni Castaldo, Paolo Labbadini, Gianluca Luca, Roberto Mandurino.

NOTES
[1] The Enhancement Programme called "BOOSTECH" is aimed at the implementation of patents through the financing of Proof of Concept (PoC) projects of Italian universities and Italian Public Research Institutions (EPR) and Scientific Institutes for Hospitalisation and Care (IRCCS) to be financed within the framework of the National Recovery and Resilience Plan, Mission 1 "Digitalisation, innovation, competitiveness, culture and tourism" – Component 2 "Digitalisation, innovation and competitiveness in the production system" – Investment 6 "Industrial property system" financed by the European Union – NextGenerationEU.
[2] The patent entitled "Modular building structure" was issued on October 29, 2021 by the Italian Patent and Trademark Office of the Ministry of

RICONOSCIMENTI

La ricerca è stata finanziata dal Programma di Valorizzazione "BOOSTECH", bando competitivo finanziato dall'Unione Europea – NextGenerationEU. Gruppo di ricerca: Andrea Tartaglia (responsabile scientifico), Joseph di Pasquale (coordinatore), Gianpaolo Saverio Cugola (responsabile per i sistemi di elaborazione delle informazioni e i modelli digitali di gestione), Elena Mussinelli (responsabile per la progettazione tecnologica e ambientale), Giovanni Castaldo, Paolo Labbadini, Gianluca Luca, Roberto Mandurino.

NOTE

[1] Il Programma di Valorizzazione denominato "BOOSTECH" è finalizzato alla implementazione di brevetti tramite il finanziamento di progetti di Proof of Concept (PoC) delle Università italiane e degli Enti Pubblici di Ricerca (EPR) italiani e degli Istituti di Ricovero e Cura a Carattere Scientifico (IRCCS) da finanziare nell'ambito del Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza, Missione 1 "Digitalizzazione, innovazione competitività, cultura e turismo" – Componente 2 "Digitalizzazione, innovazione e competitività nel sistema produttivo" – Investimento 6 "Sistema della proprietà industriale" finanziato dall'Unione Europea – NextGenerationEU.

[2] Il brevetto intitolato "struttura edilizia modulare" è stato rilasciato il 29 ottobre 2021 dall'Ufficio italiano brevetti e marchi del Ministero dello Sviluppo economico al Politecnico di Milano con inventori: Elena Mussinelli, Andrea Tartaglia Gianpaolo Saverio Cugola, Joseph di Pasquale, Roberto Mandurino.

[3] Come gli ecosistemi naturali che sono l'insieme degli organismi viventi e della materia non vivente che interagiscono in un determinato ambiente costituendo un sistema autosufficiente e in equilibrio dinamico, anche PROXIMA aspira a costituire un sistema in cui utenti e gestori (organismi viventi) e edificio (materia non vivente) attraverso un continuo scambio bidirezionale di informazioni possano instaurare un equilibrio dinamico finalizzato a gestire meglio gli scambi e gli usi di energia e risorse e a migliorare la qualità delle risposte dell'intero sistema alle esigenze degli utenti. Infatti, attraverso la sensoristica comportamentale integrata nel tecnomodulo è possibile considerare il sistema "edificio-persona" come l'insieme organico costituito dalle prestazioni tecnologiche dei sistemi edilizi e dai profili comportamentali degli utenti ai fini di una loro integrazione virtuosa attraverso l'innesco di dinamiche gestionali premiali e di gamification durante il ciclo di vita.

[4] In campo informatico per requisiti non funzionali si intende un insieme di specifiche del sistema oggetto dell'analisi, quali i requisiti prestazionali, gli standard di sicurezza e affidabilità, o i vincoli di progettazione, che superano e integrano gli aspetti puramente funzionali del prodotto da realizzare.

[5] A seguito delle attività di *scouting* e selezione, sono state scelte come partner e fornitori del progetto PROXIMA le seguenti imprese, che hanno compartecipato alla costruzione del *PoC*:
– PROGRESS S.p.A., società di prefabbricazione avanzata che ha realizzato e fornito il prototipo di struttura madre utilizzata per le prove di inserimento ed estrazione del tecnomodulo;
– GEWISS S.p.A., società che ha fornito tutti i prodotti e servizi relativi alla domotica e all'impiantistica elettrica;
– VALSIR S.p.A. società che ha fornito tutti i prodotti e servizi relativi all'impiantistica idrico sanitaria;
– SIEMENS S.p.A., società che ha fornito tutti i prodotti e servizi relativi agli impianti speciali e alla sensoristica e ha messo a disposizione la piattaforma digitale di raccolta ed elaborazione dei dati con obiettivi di controllo e di gestione degli impianti;
– CREA consorzio, che ha fornito gli installatori per gli impianti speciali e il collaudo della componentistica;
– JDP Architects, studio di architettura che ha sviluppato i diversi livelli progettuali di carattere architettonico e per l'attrezzamento del tecnomodulo;
– ENERGA Engineering, società di ingegneria che ha sviluppato i diversi livelli progettuali rispetto alle componenti impiantistiche elettriche e meccaniche;

Economic Development at the Politecnico di Milano with inventors: Elena Mussinelli, Andrea Tartaglia Gianpaolo Saverio Cugola, Joseph di Pasquale, Roberto Mandurino.

[3] Like natural ecosystems, which are the set of living organisms and non-living matter that interact in a given environment to form a self-sufficient system in dynamic equilibrium, PROXIMA also aspires to form a system in which users and managers (living organisms) and buildings (non-living matter) can establish a dynamic equilibrium through a continuous two-way exchange of information aimed at better managing the exchanges and uses of energy and resources, and at improving the quality of the entire system's responses to user needs. In fact, through the behavioural sensors integrated into the technomodule, the "building-person" system can be considered the organic whole made up of the technological performances of building systems and the behavioural profiles of users for the purpose of their virtuous integration by triggering reward management dynamics and gamification during the life cycle.

[4] In the IT field, non-functional requirements are a set of specifications of the system being analysed, such as performance requirements, safety and reliability standards, or design constraints, which go beyond and integrate the purely functional aspects of the product to be created.

[5] Following the scouting and selection activities, the following companies were chosen as partners and suppliers of the PROXIMA project, which participated in the construction of the PoC:
- PROGRESS S.p.A., an advanced prefabrication company that created and supplied the prototype of the mother structure used for the insertion and extraction tests of the technomodule;
- GEWISS S.p.A., a company that supplied all the products and services relating to home automation and electrical systems;
- VALSIR S.p.A., a company that supplied all the products and services relating to water and sanitary systems;
- SIEMENS S.p.A., a company that supplied all the products and services relating to special systems and sensors, and made available the digital platform for data collection and processing with the objectives of system control and management;
- CREA consortium, which supplied installers for the special systems and testing of the components;
- JDP Architects, an architectural firm that developed the different levels of architectural design and equipment for the technomodule;
- ENERGA Engineering, an engineering firm that developed the different levels of design with respect to the electrical and mechanical system components;
- SANIKA srl, a company that produces prefabricated modules, and which coordinated the development of the BIM model, created and supplied the structural frame, the sliding system, all the missing components and equipment necessary for completing the prototype, besides developing and installing the assembly line for the technomodule, and assembling the PoC.

– SANIKA srl, società che realizza moduli prefabbricati e che ha coordinato lo sviluppo del modello BIM, realizzato e fornito il telaio strutturale, il sistema di scorrimento, tutti i componenti e attrezzamenti mancanti necessari al completamento del prototipo, sviluppato e installato la linea di assemblaggio del tecnomodulo e assemblato il PoC.

REFERENCES

AA.VV. (2011), *Prefabbrication and Modularization, increasing productivity in construction industry. Small market report*, McGraw-Hill construction, New York.

Bruni, G., De Napoli, L., Mattanò, V.M. and Morabito, A. (2020), "From Opportunity Identification to Concept Generation of Sustainable Modular Buildings", in Cavas-Martínez, F., Sanz-Adan, F., Morer Camo, P., Lostado Lorza, R., Santamaría Peña, J. (Eds), *Advances in Design Engineering. INGEGRAF 2019*, Lecture Notes in Mechanical Engineering. Springer, Cham, pp. 605-614. Available at: https://doi.org/10.1007/978-3-030-41200-5_66

Di Pasquale, J., Innella, F. and Bai, Y. (2020), "Structural Concept and Solution for Hybrid Modular Buildings with Removable Modules", *Journal of Architectural Engineering*, Vol. 26, n. 3. Available at: https://doi.org/10.1061/(ASCE)AE.1943-5568.0000423

Etzkowitz, H., (1993), "Enterprises from science: the origins of science-based regional economic development", *Minerva*, Vol. 31, n. 3, 326-360. Available at: https://doi.org/10.1007/BF01098626

JCHS (2015), *Emerging trends in remodeling markets*, JCHS – Joint center for housing studies of Harvard University. Available at: https://www.jchs.harvard.edu/sites/default/files/jchs_improving_americas_housing_2015.pdf (Accessed on 23/10/2024).

Innella, F., Arashpour, M. and Bai, Y. (2019), "Lean methodologies and techniques for modular construction: Chronological and critical review", *Journal of Construction Engineering and Management*, Vol. 145, n. 12. Available at: https://doi.org/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001712

Mussinelli, E., Tartaglia, A. and Di Pasquale, J. (2017), "Typological and technological innovation for the application of hybrid systems to housing construction: between technological culture and application testing", *TECHNE – Journal of Technology for Architecture and Environment*, Vol. 13, 287-294. Available at: https://doi.org/10.13128/Techne-19732

Digitalizzazione dei processi autorizzativi: strategie europee e letteratura internazionale

Silvia Mastrolembo Ventura, https://orcid.org/0000-0001-9446-8824 silvia.mastrolemboventura@unibs.it
Dipartimento di Ingegneria Civile, Architettura, Territorio, Ambiente e di Matematica, Università degli Studi di Brescia, Italia

Abstract. L'Unione Europea (UE) ritiene la digitalizzazione dei processi autorizzativi strategica per la transizione digitale e verde dell'ecosistema delle costruzioni, in quanto potenzialmente promotrice di maggiore trasparenza e collaborazione lungo l'intera catena del valore del settore attraverso un approccio *data-driven*. A tal fine, nel 2021 l'UE ha finanziato con il programma *Horizon Europe* tre innovation action (DigiChecks, ACCORD, CHEK) orientate ad approfondire, fornendo dimostrazioni di prototipi di sistema in ambienti operativi, la sinergia tra processi, innovazioni tecnologiche e persone. La ricerca illustra gli obiettivi dei tre progetti, contestualizzandoli nell'ambito della letteratura internazionale attraverso un'analisi bibliometrica ed evidenziandone i principali temi emergenti.

Parole chiave: *Twin transition*; Digitalizzazione; Processi autorizzativi; *Building information modelling;* GeoBIM.

Introduzione

L'evoluzione digitale del settore delle costruzioni è una priorità strategica per l'Unione Europea (UE), soprattutto se si considera il suo stretto legame con la transizione verde, ambientale e climatica, del settore. Fin dalla pubblicazione della nuova strategia industriale per l'Europa (EU Commission, 2020), l'UE ha evidenziato il potenziale contributo dell'ambito pubblico alla cosiddetta *twin transition* e ha posto particolare enfasi sull'accelerazione in corso nella transizione digitale per la gestione dei processi autorizzativi, considerata un elemento strategico per la digitalizzazione del settore e la sua competitività a livello internazionale (EU Commission, 2023). I processi autorizzativi[1], infatti, tra i quali la procedura di rilascio del permesso di costruire, sono ancora estremamente manuali, basati su documenti cartacei, spesso lenti rispetto alle esigenze di investimento immobiliare e talvolta soggetti ad ambiguità, errori o interpretazioni soggettive (Zhang *et al*., 2023). Come riportato nel "Transition Pathway for Construction" (EU Commission, 2023), la digitalizzazione dei processi autorizzativi, internazionalmente nota come *DBP (Digital Building Permit)* o *e-permit*, non può limitarsi alla conversione di documenti cartacei in formati digitali statici come i file PDF. Una digitalizzazione efficace, in contrapposizione alla mera dematerializzazione, dovrebbe garantire la possibilità di controlli di conformità automatizzati basati su regole espresse in formati leggibili dalle macchine (Eastman *et al*., 2009). A tal fine, il tema strategico del DBP si integra, in primo luogo, con l'adozione da parte della pubblica amministrazione (PA) di metodi e strumenti di gestione informativa digitale delle costruzioni (D.Lgs. 36/2023) e, in prospettiva, con altre iniziative europee, come l'implementazione del fascicolo digitale del fabbricato o del passaporto digitale del prodotto, considerate essenziali per promuovere l'adozione di un processo decisionale informato dai dati come strumento di riqualificazione della catena di valore dell'intero ecosistema industriale (EU Commission, 2024).

Orizzonti di ricerca a livello europeo

L'efficace transizione digitale della PA e la valorizzazione del potenziale informativo nel settore delle costruzioni possono realizzarsi soltanto attraverso un'interazione sinergica tra processi operativi, infrastrutture tecnologiche, risorse umane e loro qualificazione professionale (European Commission, 2023). Nel 2021, nell'ambito del programma *Horizon Europe*, l'UE ha promosso l'analisi di tale interazione finanziando tre *innovation action* finalizzate alla digitalizzazione dei processi autorizzativi attraverso soluzioni per analizzare ed archiviare informazioni

Towards Digital Building Permits: a review of European strategies and relevant literature

Abstract. The European Union (EU) has identified the digitalisation of the building permit (DBP) process as strategic to the twin digital and green transition of the construction ecosystem, enhancing transparency and collaboration along the entire value chain by a data-driven approach. In 2021, under the Horizon Europe programme, three innovation actions (DigiChecks, ACCORD, CHEK) were funded to investigate the synergy between processes, human resources, and advanced technology in DBP, providing system prototype demonstrations in operational environments. The research outlines the objectives of the three projects, contextualising them within the international literature through a bibliometric analysis, and highlighting the main emerging research topics.

Keywords: Twin transition; Digitalisation; Building permit process; Building information modelling; GeoBIM.

Introduction

The digital evolution of the construction industry is a strategic priority for the European Union (EU), especially when contextualised considering its close link with the green (i.e., environmental and climate) transition of the sector. From the publication of the new industrial strategy for Europe (EU Commission, 2020), the EU has highlighted the potential contribution of the public sector to the construction *twin transition,* placing particular emphasis on the ongoing acceleration towards the digitalisation of building permitting processes, including the automation of compliance checking. The latter is considered a key element in the digital transformation of the industry, and in its international competitiveness (EU Commission, 2023). Building permit (BP) processes[1] are still extremely manual, document-based, often slow compared to property investment needs, and sometimes subject to ambiguities, error or subjective interpretation (Zhang *et al*., 2023). As reported in the "Transition Pathway for Construction" (EU Commission, 2023), the digitisation of building permit processes cannot be reduced to the conversion of paper documents into static digital formats as machine-unreadable PDF files. Effective digitalisation, as opposed to mere dematerialisation, should guarantee the possibility of automated compliance checks, based on rules expressed in formats that can be machine-readable. The digitalisation of building permits (DBP) is, therefore, a key data-driven strategy that integrates with the adoption by public authorities of BIM (Building Information Modelling)

ISSN online: 2239-0243 | © 2025 Author(s) | http://www.fupress.com/techne | DOI: 10.36253/techne-17372
Open access, peer-reviewed article published by Firenze University Press (https://www.fupress.com) and distributed, except where otherwise noted, under the terms of the CC BY 4.0 License for content and CC0 1.0 Universal for metadata

amministrative e normative, oltre che per rendere più trasparente per gli stakeholder la consultazione dello status delle loro pratiche. I tre *sister project*, "DigiChecks[2]", "ACCORD[3]" e "CHEK[4]", hanno avuto inizio nel 2022 e volgeranno al termine entro la fine del 2025. "DigiChecks" adotta un approccio decentralizzato, interoperabile e multi-piattaforma alla gestione dei processi autorizzativi, basandosi su iniziative precedenti come "DigiPLACE[5]" che, finanziata dall'UE tra il 2019 e il 2021, ha definito l'architettura per lo sviluppo di piattaforme digitali e ecosistemi di servizi nel settore delle costruzioni a livello europeo. "ACCORD" integra soluzioni tecniche avanzate per l'automazione dei processi autorizzativi e dei relativi controlli di conformità tramite l'adozione del BIM (*Building Information Modelling*) al fine di migliorare la produttività e la qualità di progettazione e costruzione e, al contempo, promuovere un ambiente costruito sostenibile in linea con l'obiettivo di un'Europa neutrale dal punto di vista climatico come previsto dal Green Deal europeo. "CHEK", infine, sviluppa strumenti tecnologici e metodologici per la digitalizzazione della procedura di rilascio del permesso di costruire e l'automazione dei relativi controlli di conformità con un approccio che, integrando i dati dell'edificio con quelli del contesto geospaziale in cui lo stesso si colloca attraverso l'adozione congiunta di BIM e 3D *city model*, viene definito GeoBIM. Il presente studio illustra gli obiettivi dei tre progetti, contestualizzandoli rispetto alla letteratura internazionale attraverso un'analisi bibliometrica ed evidenziandone i principali temi emergenti.

Metodologia

L'analisi della letteratura scientifica è stata condotta articolando la raccolta dati nelle seguenti fasi: identificazione dei prodotti, *screening* degli stessi e selezione finale degli studi rilevanti. In primo luogo, è stata effettuata una ricerca attraverso il database accademico Scopus utilizzando i campi "Article title, Abstract, Keyword" ed introducendo le parole chiave "building permit process", "digital building permit" and "e-permit" attraverso la regola [*construction OR building*] *AND* [*building permit process* OR *digital building permit* OR *e-permit*]. L'ambito di ricerca è stato limitato alle pubblicazioni in lingua inglese dal 2004 al 2024, selezionando le sole categorie di articoli su rivista e contributi in atti di convegno. Inoltre, è stata effettuata una ricerca manuale per integrare l'eventuale omissione di documenti non ancora indicizzati in Scopus, estendendo l'arco temporale all'anno 2025[6] ed includendo le pubblicazioni dichiarate nei siti internet dei tre *sister project*. Alla fine di questo processo, sono state selezionate 72 pubblicazioni relative alla digitalizzazione dei processi autorizzativi, delle quali 65 sono lavori di ricerca empirica e 7 revisioni della letteratura. I dati raccolti sono stati analizzati attraverso codici quantitativi, utili per fornire una panoramica della letteratura esistente (anno di pubblicazione, tipologia di prodotto), e qualitativi. Attraverso questi ultimi, gli studi rilevanti sono stati analizzati in termini di (1) eventuali metodi di digitalizzazione implementati (GIS, BIM, GeoBIM) e (2) associazione ad almeno uno dei pilastri della ricerca sul DBP a livello internazionale come definiti in Noardo *et al*. (2020a): (1) ruolo dell'organizzazione, soprattutto in ambito pubbico, (2) digitalizzazione del processo, (3) sviluppo tecnologico, (4) interpretazione dei regolamenti per la definizione di requisiti informativi e logiche di verifica. L'analisi qualitativa dei dati ha riguardato esclusivamente i lavori di ricerca empirica, escludendo le revisioni della letteratura (Fig. 1).

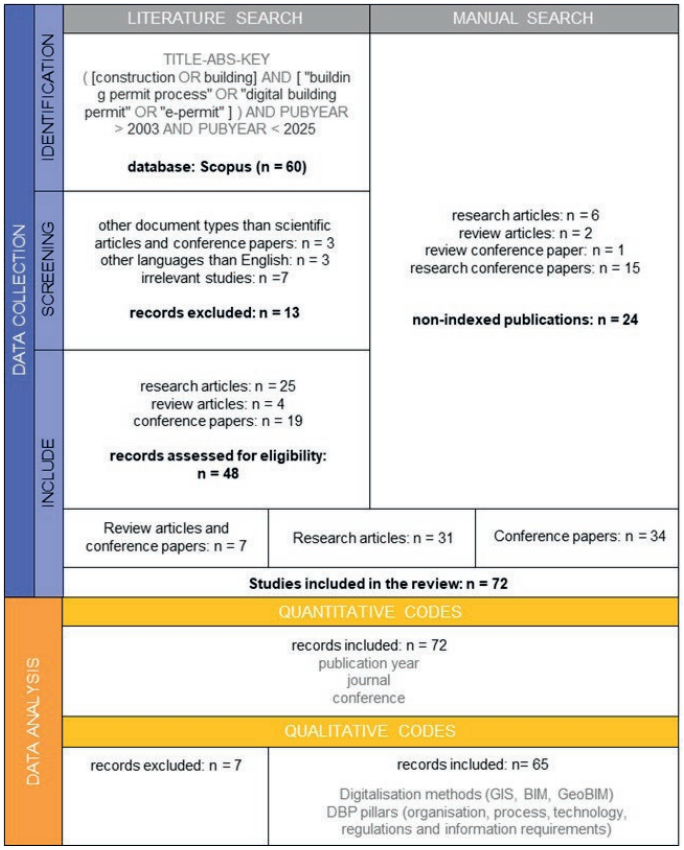
methods and tools (Legislative Decree 36/2023), and with other strategic EU initiatives, such as the implementation of the Digital Building Logbooks or the Digital Product Passport. These are all considered essential steps for the promotion of greater transparency, regulatory compliance and effective collaboration along the entire value chain (EU Commission, 2024).

European research horizons

The effective digital transformation of the public sector and the exploitation of the full potential of a data-driven construction ecosystem can be achieved only through a synergetic interaction between operational processes, technological infrastructures and human resources (EU Commission, 2023). In 2021, the EU promoted the analysis of this interaction under the Horizon Europe programme by funding three innovation actions aimed at digitalising the building permit process to promote the adoption of data-driven decision-making as a means of upgrading the entire construction value chain through solutions for analysing and archiving administrative and regulatory information, as well as facilitating stakeholder consultation of the status of the process. The three sister projects, "DigiChecks[2]", "ACCORD[3]" and "CHEK[4]", started in 2022 and will be closed by the end of 2025. "DigiChecks"" focuses on the study of a web-based and multi-platform approach to DBP management. It proposes the development of an interoperable digital framework based on international compliance checking, data and knowledge management technologies in addition to EU initiatives such as "DigiPLACE[5]" that, funded by the EU between 2019 and 2021, defined the architecture for the development of digital platforms and service ecosystems in the construction sector at European level. "ACCORD" aims to integrate advanced technological solutions for automating the building permit process and, more generally, compliance checking with building regulations by BIM methods and tools, as well as other data sources. The aim is to improve the productivity and quality of the design and construction process, while promoting a sustainable built environment in line with the goal of a climate-neutral Europe as envisaged by the "EU Green Deal" initiative. Finally, "CHEK" aims to develop a technological and methodological toolkit to support the digitalisation of the building permit process, and to enhance compliance checking. The main difference between "CHEK" and the other two innovation actions is the explicit reference to the need to adopt an approach that integrates the management of building and geospatial data, considering the urban context in which the building is located. "CHEK" adopts not only BIM methods and tools but also 3D city models and geospatial data specifications within a GeoBIM framework. This study presents the objectives of the three sister projects, contextualising them in relation to the international literature through a bibliometric analysis, and highlighting the main emerging research topics.

Methodology

The literature review was conducted by organising the data collection phase into the following steps: identification of documents, screening of the available literature, and final selection of relevant studies. First, a desktop search for relevant publica-



Risultati

Analisi quantitativa delle pubblicazioni selezionate

La letteratura analizzata, il cui andamento negli anni è rappresentato nella Fig. 2, si divide equamente tra pubblicazioni in riviste scientifiche (36) e contributi in atti di convegno (36). Le riviste scientifiche di maggiore rilievo per il tema del DBP risultano essere *Advanced Engineering Informatics* (5), *Journal of Information Technology in Construction* (4), *Buildings* (4) e *Journal of Civil Engineering and Management* (4). Gli atti di convegno più significativi, invece, sono quelli dell'*International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* (9), della *European Conference of Computing in Construction* (4) e del *Linked Data in Architecture and Construction workshop* (4) (Fig. 3). Un primo studio, pubblicato nel 2004, valutava la fattibilità di adozione di applicativi per la gestione digitale del permesso di costruire in Olanda (Hoogwout and Velde, 2004), uno degli Stati membri che ancora oggi guida le attività di ricerca sul tema con un'attenzione particolare allo sviluppo di tecnologie avanzate e alla definizione di *data specification* all'interno di un ambiente GeoBIM (Hakim *et al*., 2024). Il maggior numero di pubblicazioni si concentra tra il 2020, anno in cui è stata emanata la nuova strategia industriale per l'UE, e il 2025. In particolare, si nota come il numero di documenti aumenti dalla pubblicazione del "Transition Pathway for Construction" nel 2023 ed, ancora di più, nel 2024, dove è evidente l'impatto della ricerca in corso nell'ambito delle tre *innovation action* finanziate dall'UE: 22 pubblicazioni, ovvero il 30,6% del totale, sono sviluppate nell'ambito dei tre progetti, i quali si equiparano per numero di prodotti (Fig. 4).

GIS, BIM e GeoBIM applicati al DBP

Un primo passo verso la digitalizzazione dei processi autorizzativi è rappresentato dall'adozione del GIS (*Geographic information system*) con un primo studio di Abdel *et al.* (2012) che individuava nella mancanza di dati un limite nella gestione efficace della procedura di rilascio del permesso di costruire, ritenendo che l'implementazione del GIS avrebbe potuto migliorare la qualità del processo decisionale, oltre che facilitare la condivi-

tions was conducted under the "Article title, Abstract, Keyword" fields of the academic database Scopus. The literature search keywords "building permit process", "digital building permit" and "e-permit" were used in the following search rule: [construction OR building] AND ["building permit process" OR "digital building permit" OR "e-permit"]. The scope of publication search was scaled down to a timespan of twenty years, from 2004-2024 and limited to papers published in the English language. Journal articles, conference papers and reviews were selected as document sources. A manual search was carried out to complement the possible omission of papers archived by the search engine, extending the timespan to year 2025[6] and including publications mentioned on the websites of the three sister projects. As a result, 72 papers related to the building permit process and its digitalisation were identified. Finally, the selected publications were analysed based on a set of quantitative and qualitative codes. The former were adopted to provide an overview of the retrieved publications (i.e., year, type of publication). The latter included: (1) any digitalisation methods implemented (i.e., GIS, BIM, GeoBIM); (2) the association with at least one of the DBP pillars as defined in Noardo *et al.* (2020a) (i.e., role of the organisation, especially in the public sector, process digitalisation, technological development, interpretation of regulations for the definition of information requirements and verification logics). Review articles (i.e., 7) were excluded from the qualitative coding process, which was focused on empirical research works (i.e., 65) (Fig. 1).

Results

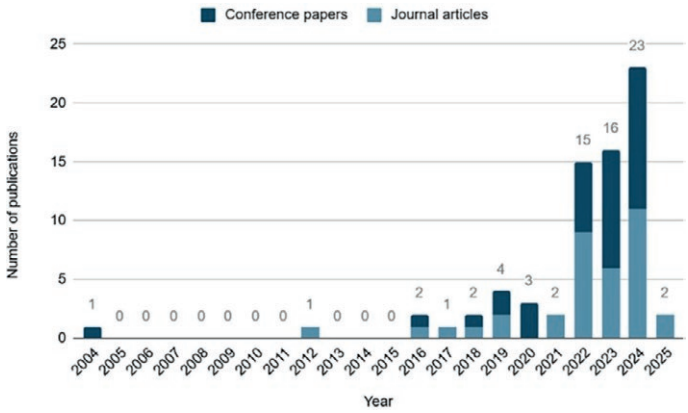
Quantitative analysis of the selected publications

Fig. 2 shows the annual number of relevant conference papers and journal articles published yearly from 2004 to 2025. The analysis of the available literature revealed that 36 publications were included in conference proceedings, while 36 research works were reported in journal articles. The *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* (9), the *European Conference of Computing in Construction* (4) and the *Linked Data in Architecture and Construction* (4) proceedings are the most significant ones for the DBP topic. Journal articles are mainly published in *Advanced Engineering Informatics* (5), *Journal of Information Technology in Construction* (4), *Buildings* (4), and in the *Journal of Civil Engineering and Management* (4) (Fig. 3). Two aspects are relevant for this discussion. In 2004, Hoogwout and Velde (2004) developed a feasibility study for the adoption of a DBP application in the Netherlands, one of the EU countries that is still leading the research activities with a focus on the development of advanced technologies and data model specifications within a GeoBIM environment (Hakim *et al*., 2024). Moreover, an increasing number of publications about DBP has been published from 2020, when the new industrial strategy for the EU was issued, and even more from the publication of the transition pathway for construction in 2023. Contextually, the impact of the EU innovation actions on DBP is evident in 2024: 22 publications (i.e., 30.6%) are outcomes of the EU actions, with the three projects balanced in publishing (Fig. 4).

02 | Numbero di prodotti della ricerca pubblicati annualmente dal 2004 al 2025
Number of relevant journal articles and conference papers published yearly from 2004 to 2025

03 | Riviste e conferenze più rilevanti per la ricerca sul DBP
Journals and conferences relevant for the DBP topic

04 | Prodotti della ricerca delle EU innovation action (sinistra) e loro distribuzione tra i tre sister project (destra)
Publications from the EU innovation actions (left) and their distribution in the three sister projects (right)

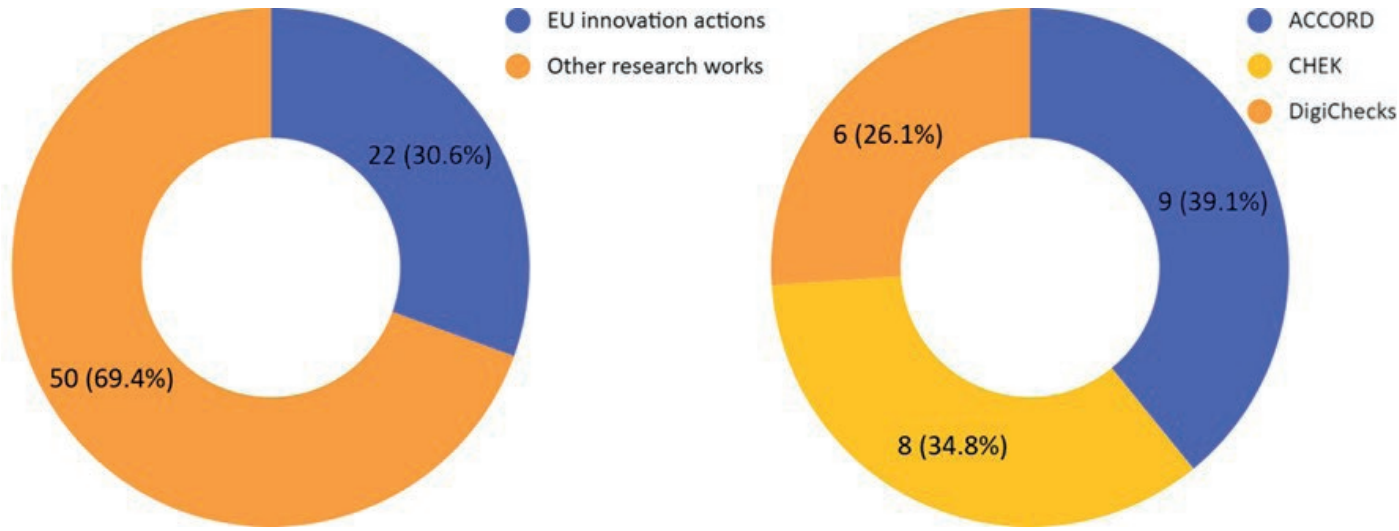


| 02

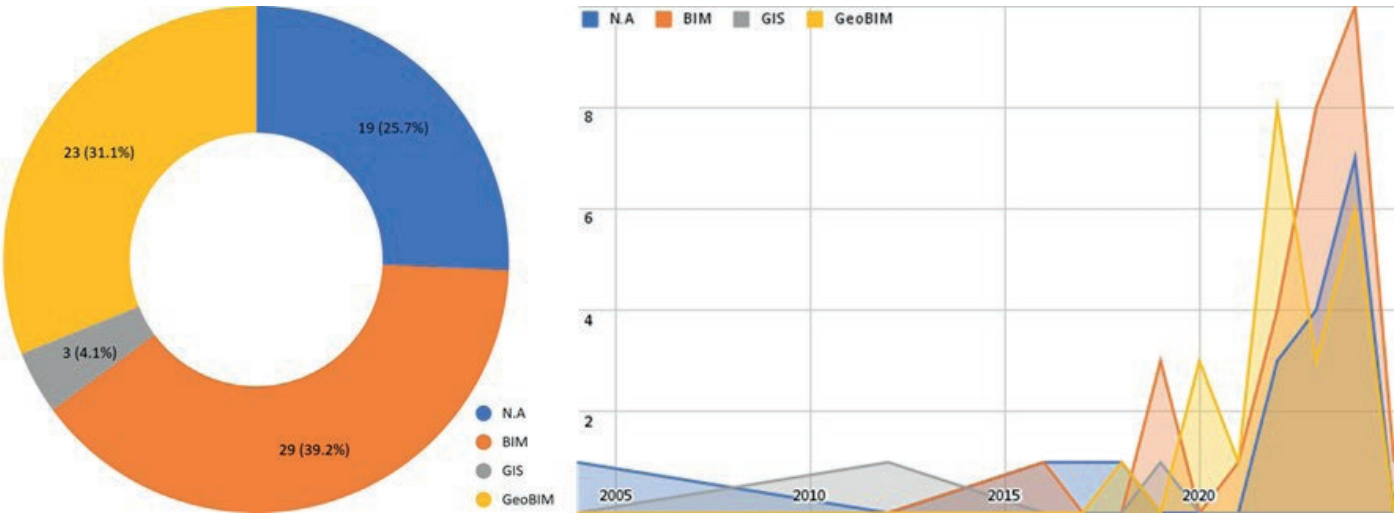
sione delle informazioni tra gli *stakeholder*. Anticipando ciò che sarebbe accaduto in seguito con l'adozione del BIM, lo studio evidenziava la necessità di sviluppare strategie di gestione a livello organizzativo per comprendere le effettive implicazioni dell'innovazione in termini di implementazione ed operatività. L'adozione del BIM, metodo di digitalizzazione prevalentemente discusso in letteratura per la digitalizzazione dei processi autorizzativi (Fig. 5), è stata menzionata per la prima volta in Park *et al.* (2016) che, basandosi su quanto già svolto nel più generale contesto dell'ACC (*Automated Compliance Checking*), ha sviluppato un primo codice per la formalizzazione dei regolamenti edilizi in un formato *machine-readable*. Chognard *et al.* (2018), invece, ha menzionato per la prima volta l'adozione congiunta di BIM e GIS applicata al DBP sviluppando una procedura digitalizzata per il rilascio del permesso di costruire nel cantone di Ginevra, caso studio ancora oggi considerato fondamentale, ed aprendo così la strada al concetto di GeoBIM. A partire dal 2020, il DBP è diventato un tema ampiamente discusso in Europa[7] ed internazionalmente (ad es. Guler and Yomralioglu, 2021) e si è confermata l'importanza dell'integrazione di informazioni geospaziali ed edilizie per un'adozione efficace della sua digitalizzazione (Noardo *et al.*, 2020b) (Fig. 5).

03 |

04 |



05 | Tipologie di digitalizzazione (sinistra) e loro distribuzione per anno (destra)
Types of digitalisation of the building permit process (left) and their distribution per year (right)



| 05

Pilastri del Digital Building Permit

Quattro sono i pilastri del DBP (Noardo *et al*., 2020a): (1) digitalizzazione dell'organizzazione e (2) del processo, (3) sviluppo della necessaria tecnologia, (4) interpretazione di normative e definizione di requisiti informativi (Fig. 6). Il tema dell'interpretazione dei testi normativi e della definizione dei relativi requisiti informativi per la preparazione di modelli BIM e 3D *city model* è l'argomento maggiormente approfondito in letteratura (Fig. 6), la quale affronta la digitalizzazione di controlli classici della procedura di rilascio del permesso di costruire quali, ad esempio, l'altezza degli edifici, le distanze tra edifici, dal confine di proprietà o dalle strade (Noardo *et al*., 2020b), così come altre verifiche rilevanti in alcuni Paesi europei come la normativa anticendio (Fischer *et al*., 2024). Fondamentale, parlando di ambito pubblico, il ruolo degli standard per la specifica dei requisiti informativi in formati neutri quali IFC (*Industry Foundation Classes*) (Noardo *et al*., 2021) e, più recentemente, IDS (*Information Delivery Specification*) (Fischer *et al*., 2024), ma anche CityGML o INSPIRE per l'adozione di un approccio geospaziale al tema (Noardo *et al*., 2024). Significativa anche l'analisi sistematica del processo per il rilascio del permesso di costruire, studiato fin dall'inizio dell'arco temporale considerato come prerequisito per la sua efficace dematerializzazione e digitalizzazione (Bloch and Fauth, 2023). Un lavoro rilevante in tal senso è rappresentato da Fauth *et al.* (2024a) che ha condotto una valutazione comparativa del processo per il rilascio del permesso di costruire in 17 Paesi europei per comprenderne elementi comuni e differenze a livello comunitario. Anche lo sviluppo tecnologico è, ovviamente, di rilievo per l'adozione del DBP e comprende l'adozione di piattaforme decentralizzate e *web-based* per la gestione del processo oltre che strumenti per l'automazione dei controlli normativi, inclusa la validazio-

GIS, BIM and GeoBIM implementation for the DBP use case

GIS adoption is mentioned as a first step towards the digitalisation of the building permit process. Abdel *et al.* (2012) identified the lack of data as a difficulty in the process management, and discussed how the implementation of GIS could have improved the quality of decision-making and facilitated information sharing among stakeholders. Anticipating what would later happen with the adoption of BIM, they also highlighted how management strategies at organisational level should have been developed to understand the implication of this innovation. BIM is first mentioned in Park *et al.* (2016), who, extending the research already ongoing at a wider scale on ACC (Automated Compliance Checking), developed a domain-specific computer language to represent building regulatory sentences as explicit computable rules. The joint adoption of BIM and GIS was first mentioned in Chognard *et al.* (2018), who developed a DBP procedure for the canton of Geneva in Switzerland, which is still considered to be a front-runner case study, and introduced the concept of GeoBIM. Since 2020, BIM has become a significant topic for DBP. Indeed, it is now regularly discussed in Europe[7] and internationally (e.g., Guler and Yomralioglu, 2021). The importance of integrating geospatial and building information for the successful adoption of digitalisation in the building permit process is confirmed (Noardo *et al*., 2020b) (Fig. 5).

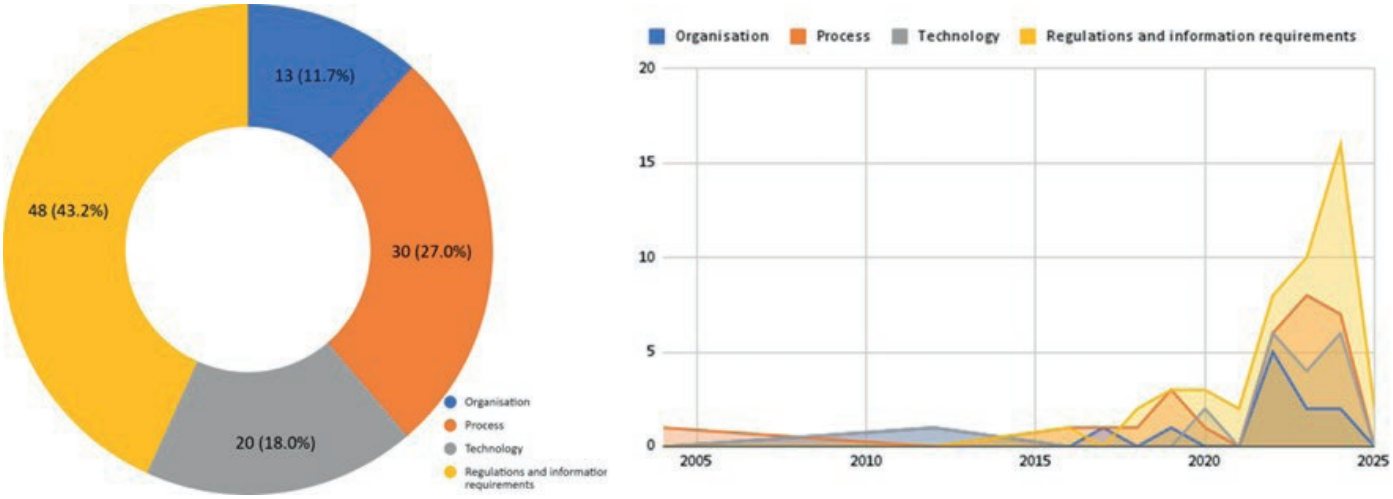
Pillars of Digital Building Permit

There are four pillars for the digitalisation of the building permit process (Noardo *et al*., 2020a): (1) digitalisation of the organisation and (2) of the process, (3) development of the necessary technology, (4) interpretation of regulations and definition of relevant information requirements (Fig. 6). The interpretation of building regulations and the definition of relevant information requirements for the preparation of BIM and 3D city models is the most investigated topic according to the available literature (Fig. 6). It refers to the essential step of interpreting the natural text of building regulations to extract information that is useful for formalising regulations in a machine-readable format, and for creating BIM (Eastman *et al*., 2009) and 3D city models. Information requirements for the DBP use case have been defined for checks within the scope of the building permit procedure such as building height, distances between buildings or from parcel boundaries and roads (Noardo *et al*., 2020b), as well as for fire regulations, which are relevant for building permits in some European countries (Fischer *et al*., 2024). Considering the role of public authorities in DBP, the role of standards is crucial for the specification of information requirements in neutral formats such as IFC (Industry Foundation Classes) (Noardo *et al*., 2021) and, more recently, IDS (Information Delivery Specification) for buildings (Fischer *et al*., 2024) and CityGML or INSPIRE for the geospatial context (Noardo *et al*., 2024). A significant number of publications focuses on the analysis of the building permit process, which has been discussed since the beginning of the considered timespan as a prerequisite towards dematerialisation and digitalisation (Bloch and Fauth, 2023). A significant study is presented by Fauth *et al.* (2024a), who developed a com-

06 | Pilastri del DBP (sinistra) e loro distribuzione per anno (destra)
Pillars of DBP (left) and their distribution per year (right)

07 | Classificazione dei risultati per ciascun pilastro del DBP con i relativi pesi
Classification of results for each DBP pillar with their weights

06 |



ne qualitativa degli aspetti semantici dei database prodotti (van Berlo *et al.*, 2024). L'argomento meno trattato nella letteratura esistente, invece, seppur centrale per un'efficace adozione del DBP come richiesta dalle strategie europee, è quello relativo alle esigenze e alle sfide delle organizzazioni, soprattutto della PA. Come sottolineato da Ullah *et al.* (2022), l'effettiva complessità legale dei processi autorizzativi, insieme alla mancanza di consapevolezza delle implicazioni organizzative legate alla digitalizzazione, costituiscono un limite effettivo all'innovazione, evidenziando l'importanza di strategie di *upskilling* e *reskilling* per la qualificazione del personale (Fig. 7).

Temi emergenti

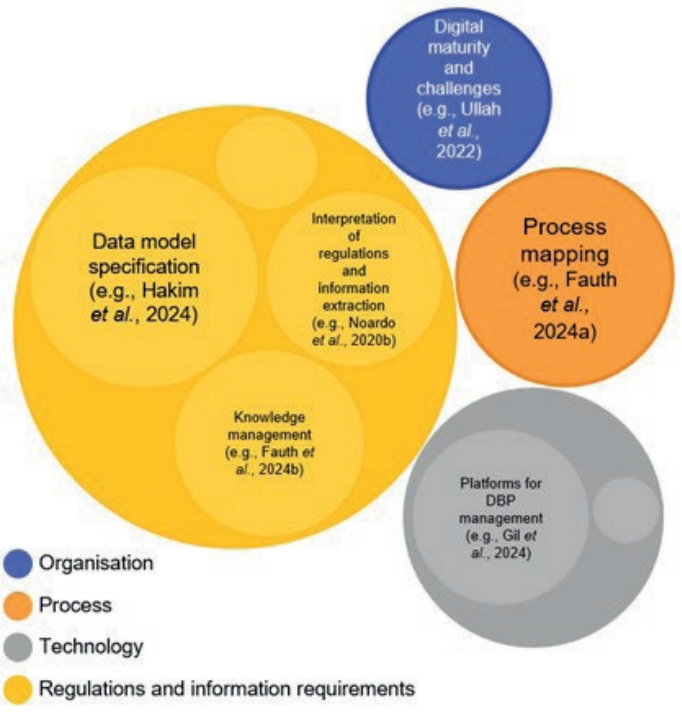
L'analisi qualitativa della letteratura ha evidenziato alcuni temi emergenti per ogni pilastro del DBP, a partire da quanto attualmente in corso di sviluppo nell'ambito delle *innovation action* europee (Fig. 8). Da "DigiChecks" emerge la necessità di orchestrare i processi autorizzativi all'interno di un'infrastruttura distribuita e aperta per la condivisione interoperabile dei dati, anche nell'ambito della più ampia *European strategy for data*[8] (Gil *et al.*, 2024). Sono significativi, inoltre, i risultati di "ACCORD" relativamente all'implementazione dell'intelligenza artificiale per l'automazione dell'interpretazione dei testi normativi e il processo di estrazione delle informazioni per la definizione di requisiti informativi e logiche di verifica *machine-*

parative evaluation of building permit processes in 17 European countries in order to understand common elements and differences at the European level. The technological pillar is, of course, also relevant to the adoption of DBP. It includes the adoption of decentralised and web-based platforms for process management as well as tools for the automation of regulatory checks, including the qualitative formal validation of the semantic reliability of data models (van Berlo *et al.*, 2024). Although central to an effective adoption of DBP as required by European strategies, the topic less addressed in the existing literature is related to the needs and challenges of organisations, especially public authorities. Ullah *et al.* (2022) pointed out that, along with the actual legal complexity of authorisation processes, the lack of awareness of the organisational and technological implications of digitalisation is a limitation, especially in the public sector, highlighting the importance of upskilling and reskilling strategies for human resources (Fig. 7).

Emerging topics

The qualitative analysis of the literature revealed some emerging themes for each pillar of the DBP, starting with the current developments within the three European innovation actions (Fig. 8). The "DigiChecks" project has revealed the need to orchestrate the DBP process within a distributed and open platform for interoperable data sharing, in line with the broader European data strategy[8] (Gil *et al.*, 2024). An important outcome of "ACCORD" is the implementation of artificial intelligence to automate the interpretation of regulatory texts and the information extraction process for defining information

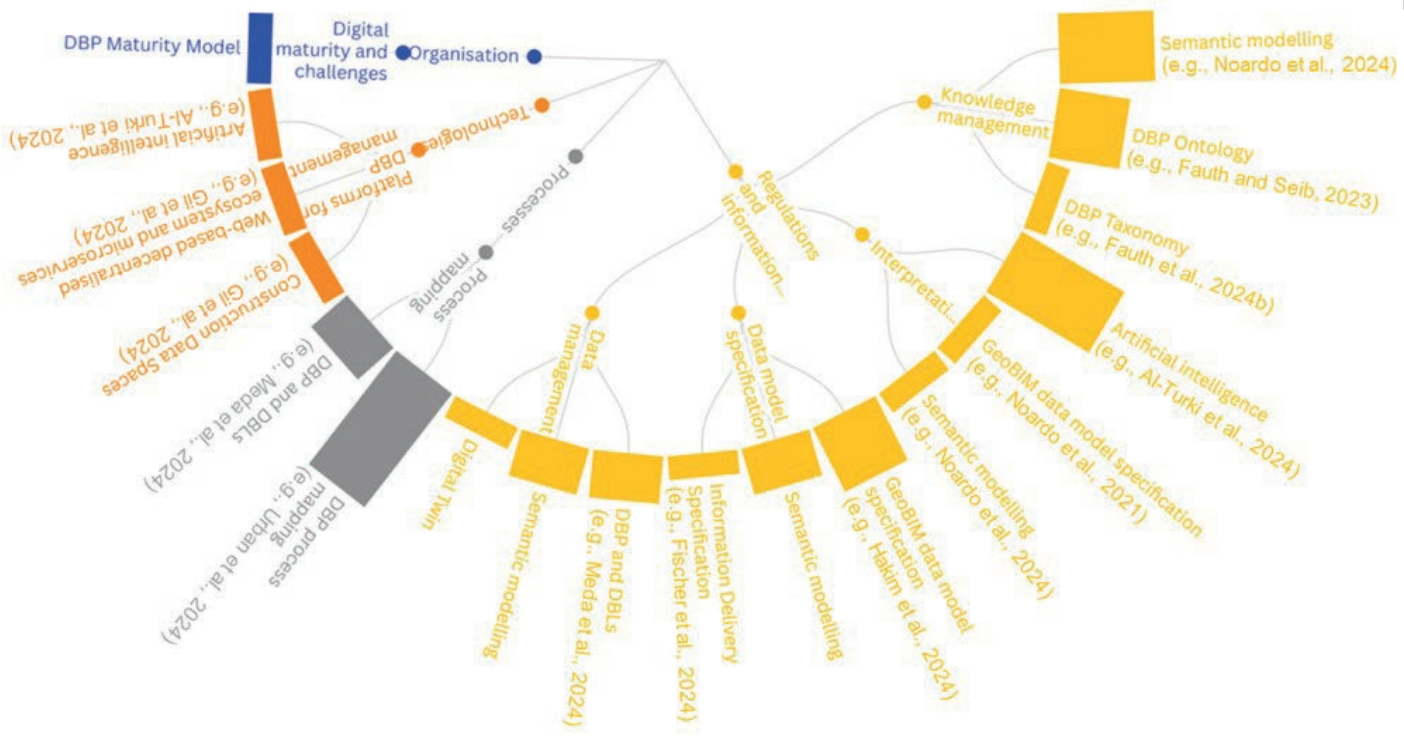
| 07



readable, inclusa l'adozione di LLMs (*Large Language Models*) e tecniche di *active learning* (Al-Turki *et al*., 2024). Da "CHEK" emerge la necessità di approfondire le tecniche di *semantic modelling* orientate alla definizione di requisiti informativi GeoBIM (Noardo *et al*., 2024), con un focus sui temi dell'interoperabilità e delle relative esigenze di georeferenziazione (Hakim *et al*., 2024). A livello internazionale, inoltre, iniziano a diffondersi primi esempi di formalizzazione di processi autorizzativi digitalizzati (Urban *et al*., 2024), oltre che ontologie (Fauth and Seib, 2023) e tassonomie (Fauth *et al*., 2024b) specifiche per il dominio del DBP. Infine, un argomento rilevante, nell'ottica di un approccio orientato al ciclo di vita di un'opera, centrale nelle strategie europee per la *twin transition* delle costruzioni, è l'identificazione delle possibilità di gestione integrata dei dati tra il DBP e il fascicolo digitale del fabbricato (Meda *et al*., 2024).

Conclusioni

La digitalizzazione dei processi autorizzativi è una componente strategica della *twin transition* dell'ecosistema industriale delle costruzioni, in quanto rappresenta un'opportunità per migliorare la trasparenza e la collaborazione di tutta la filiera attraverso un approccio *data-driven*. Il trasferimento tecnologico in tale ambito mira a valorizzare processi alternativi a quelli documentali, considerando in modo integrato aspetti di innovazione di processo, sviluppo tecnologico e acquisizione di conoscenze digitali nelle procedure amministrative. Lo studio presentato evidenzia l'impatto che i *sister project* hanno avuto, dal 2022, in componenti chiave del trasferimento tecnologico applicato alla digitalizzazione dei processi autorizzativi, quali lo sviluppo di piattaforme digitali interoperabili, l'adozione della gestione informativa digitale delle costruzioni per la verifica automatizzata del progetto, l'identificazione degli aspetti chiave del processo stesso ai fini di una sua semplificazione ed armonizzazione. Tra questi, l'implementazione dell'intelligenza artificiale per l'interpretazione del linguaggio naturale di testi normativi, l'adozione di tecniche di gestione della conoscenza per l'integrazione di molteplici fonti di dati e un approccio multipiattaforma, decentralizzato ed interoperabile risultano centrali per future attività di ricerca. Un limite dello studio proposto è che, focalizzandosi su progetti ancora in corso, necessiterebbe di un'analisi aggiornata dalla fine del 2025. Al contempo, però, appare al momento evidente una lacuna nella letteratura esistente su questioni rilevanti per il settore pubblico, come il ruolo delle organizzazioni e la necessità di investire in strategie di *upskilling* e *reskilling* per promuovere una effettiva maturità digitale della PA. In futuro, si potrebbe valutare la scalabilità delle soluzioni sviluppate a livello europeo nel contesto nazionale, a partire dalla loro integrazione con le piattaforme di dematerializ-



zazione ad oggi già ampiamente utilizzate, così come la loro potenziale influenza sui quadri giuridici e normativi. Le implicazioni legali della digitalizzazione, infatti, sono un ambito non ancora adeguatamente sviluppato nella ricerca internazionale sul tema.

RICONOSCIMENTI

Lo studio è stato cofinanziato dal programma Horizon Europe (projetto CHEK - Grant Agreement No. 101058559) e dal Ministero dell'Università e della Ricerca (MUR) nell'ambito del bando PRIN 2022 (progetto digITER - Prot. 2022ZMY5SN, CUP: D53C24004240006).

NOTE

[1] È esclusa dall'ambito della trattazione la verifica del progetto ai fini della validazione come nell'ambito dei contratti pubblici.

[2]Digital environment for management of permits and compliance in building and construction (10.3030/101058541). PI: FCC Construction SA. Contributo UE: € 5.063.743,75. https://digichecks.eu/.

[3] Automated Compliance Checks for Construction, Renovation or Demolition Works (10.3030/101056973). PI: VTT. Contributo UE: € 3.825.657,00. https://accordproject.eu/.

[4] Change toolkit for digital building permit (10.3030/101058559). PI: TU Delft. Contributo UE: € 4.917.856,07. https://chekdbp.eu/.

[5] www.digiplaceproject.eu

[6] Ricerca svolta il 5 febbraio 2025.

[7] https://eu4dbp.net

[8] https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/strategy-data

REFERENCES

Abdel Wahed, M. M., El Barmalgy, M. M. and Haggag, M. R. (2012), "Towards an advanced mechanism to benefit from information systems in issuance of building permits", *HBRC journal*, Vol. 8, n. 1, pp. 58-63, available at: https://doi.org/10.1016/j.hbrcj.2012.08.007.

Al-Turki, D., Hettiarachchi, H., Gaber, M. M., Abdelsamea, M. M., Basurra, S., Iranmanesh, S., Saadany, H. and Vakaj, E. (2024), "Human-in-the-loop: Learning with LLMs for efficient rase tagging in building compliance regulations", *IEEE Access*, Vol. 12, pp. 185291-185306, available at: https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3512434.

Bloch, T., and Fauth, J. (2023), "The unbalanced research on digitalization and automation of the building permitting process", *Advanced Engineering Informatics*, Vol. 58, 102188, available at: https://doi.org/10.1016/j.aei.2023.102188.

Chognard, S., Dubois, A., Benmansour, Y., Torri, E. and Domer, B. (2018), "Digital construction permit: A round trip between GIS and IFC", *Proceedings of the EG-ICE Workshop, Lausanne, Switzerland, June 11-13*, 2018, pp. 287-306, available at: https://doi.org/10.1007/978-3-319-91638-5_16.

D.Lgs. 36/2023, *Codice dei contratti pubblici*, available at: https://www.normattiva.it/uri-res/N2Ls?urn:nir:stato:decreto.legislativo:2023-03-31;36 (Accessed on 27/06/2025).

Eastman, C., Lee, J. M., Jeong, Y. S. and Lee, J. K. (2009), "Automatic rule-based checking of building designs", *Automation in construction*, Vol. 18, n. 8, pp. 1011-1033, available at: https://doi.org/10.1016/j.autcon.2009.07.002.

EU Commission (2020), *A new industrial strategy for Europe,* available at: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex:52020DC0102 (Accessed on 15/02/2025).

EU Commission (2023), *Transition pathway for construction*, available at: https://ec.europa.eu/docsroom/documents/53854 (Accessed on 15/02/2025).

requirements and machine-readable verification logics. This includes the adoption of LLMs (Large Language Models) and active learning techniques (Al-Turki *et al.*, 2024). Significant results has emerged from "CHEK" about the specification of GeoBIM data, including semantic modelling techniques for defining GeoBIM information requirements (Noardo *et al.*, 2024), with a focus on interoperability issues and georeferencing requirements (Hakim *et al.*, 2024). Moreover, the first examples of the formalisation of the digital building permit process (Urban *et al.*, 2024), as well as DBP-specific ontologies (Fauth and Seib, 2023) and taxonomies (Fauth *et al.*, 2024b) for both process and data knowledge management, have emerged internationally. Finally, a relevant topic from the perspective of a life-cycle oriented approach, which is central in the European strategies for the twin transition in the construction industry, is the identification of overlaps and potential integrated data management between DBP and Digital Building Logbooks (Meda *et al.*, 2024).

Conclusions

The digitalisation of the building permit process is a strategic component of the twin transition of the construction ecosystem as it provides an opportunity to enhance transparency and collaboration throughout the entire construction value chain by means of a data-driven approach. DBP-related technology transfer aims to enhance data-driven processes over document-based ones by considering aspects of process innovation, technology development, and digital knowledge acquisition in administrated procedures in an integrated way. The research highlights the impact of the three Horizon Europe sister projects on key technology transfer components applied to the digitalisation of the building permit process. These include the development of interoperable platforms for process management, the adoption of information management techniques for automated compliance checking, and the identification of key process aspects for simplification and harmonisation. Central to future research activities are the implementation of artificial intelligence for interpreting regulatory texts in natural languages, the adoption of knowledge management techniques for integrating multiple data sources, and a multi-platform, decentralised and interoperable approach. A limitation of the proposed study is that, since it focuses on ongoing projects, an updated analysis will be required at the end of 2025. However, a gap in the existing literature on issues relevant to the public sector is already evident, such as the role of organisations and the need to invest in upskilling and reskilling strategies to promote effective digital maturity within public authorities. In future, the scalability of solutions developed at a European level within a national context could be assessed, beginning with their integration with dematerialisation platforms that are already widely used at present, as well as their potential influence on legal and regulatory frameworks. In fact, the legal implications of the digitalisation of the building permit process have not been adequately explored yet in the available international literature.

ACKNOWLEDGMENTS

This study has been co-funded by the European Union's Horizon Europe

EU Commission (2024), *High level construction forum. 4th Meeting report*, available at: https://ec.europa.eu/docsroom/documents/60434 (Accessed on 15/02/2025).

Fauth, J. and Seiß, S. (2023), "Ontology for building permit authorities (OBPA) for advanced building permit processes", *Advanced Engineering Informatics*, Vol. 58, 102216, available at: https://doi.org/10.1016/j.aei.2023.102216.

Fauth, J., Bloch, T., Noardo, F., Nisbet, N., Kaiser, S. B., Gade, P. N. and Tekavec, J. (2024b), "Taxonomy for building permit system-organizing knowledge for building permit digitalization", *Advanced Engineering Informatics*, Vol. 59, 102312, available at: https://doi.org/10.1016/j.aei.2023.102312.

Fauth, J., Nørkjær Gade, P., Kaiser, S., Raj, K., Goul Pedersen, J., Olsson, P. O., Nisbet, N., Mastrolembo Ventura, S., Hirvensalo, A., Granja, J., Urban, H., Rutešić, S., Verstraeten, R., Raitviir, C., Kallinen, A., Schranz, C., Stojanov, T. and Tekavec, J. (2024a), "Investigating building permit processes across Europe: characteristics and patterns". *Building Research & Information*, Vol. 53, pp. 417-434, available at: https://doi.org/10.1080/09613218.2024.2400467.

Fischer, S., Urban, H., Schranz, C., Loibl, P. and van Berlo, L. (2024), "Extending information Delivery Specifications for digital building permit requirements", *Developments in the Built Environment*, Vol. 20, 100560, available at: https://doi.org/10.1016/j.dibe.2024.100560.

Gil, G., Diez, F. J., Romero, R., Lazaro, I. and Fernandez, I. (2024), "Construction Data Space for Building Permit Management", *Proceedings of the EC3 Conference, Chania, Crete, Greece, July 14-17,* 2024, pp. 191-197, available at: https://doi.org/10.35490/EC3.2024.268.

Guler, D. and Yomralioglu, T. (2021), "A reformative framework for processes from building permit issuing to property ownership in Turkey", *Land Use Policy*, Vol. 101, 105115, available at: https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.105115.

Hakim, A., Arroyo Ohori, K., van der Vaart, J., El Yamani, S. and Stoter, J. (2024), "Enhancing Georeferencing of IFC Models through Surveyed Points Integration", *ISPRS Archives*, Vol. 48, pp. 41-47, available at: https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLVIII-4-W11-2024-41-2024.

programme (CHEK project - Grant Agreement No. 101058559) and the Ministero dell'Università e della Ricerca (MUR) PRIN 2022 call (digITER project - Prot. 2022ZMY5SN, CUP: D53C24004240006).

NOTES

[1] The automation of compliance checking as required for the validation of public works is not within the scope of this paper.

[2] Digital environment for management of permits and compliance in building and construction (10.3030/101058541). PI: FCC Construction SA. EU contribution: € 5,063,743.75. https://digichecks.eu/.

[3] Automated Compliance Checks for Construction, Renovation or Demolition Works (10.3030/101056973). PI: VTT. EU contribution: € 3.825.657,00. https://accordproject.eu/.

[4] Change toolkit for digital building permit (10.3030/101058559). PI: TU Delft. EU contribution: € 4,917,856.07. https://chekdbp.eu/.

[5] www.digiplaceproject.eu

[6] 5th of February 2025.

[7] https://eu4dbp.net/

[8] https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/strategy-data

Hoogwout, M. and te Velde, R. (2004), "Digital building permit application: a feasibility study for a shared services solution in The Netherlands", *Proceedings of EGOV Conference, Zaragoza, Spain, August 30-September 3,* 2004, pp. 234-239, available at: https://doi.org/10.1007/978-3-540-30078-6_38.

Mêda, P., Fauth, J., Schranz, C., Sousa, H. and Urban, H. (2024), "Twinning the path of digital building permits and digital building logbooks", *Developments in the Built Environment*, Vol. 20, 100573, available at: https://doi.org/10.1016/j.dibe.2024.100573.

Noardo, F., Atkinson, R. A., Villar, A., Zaborowski, P. and Simonis, I. (2024), "Profiling standards to improve practical interoperability", *ISPRS Archives*, Vol. 48, pp. 359-366, available at: https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLVIII-4-2024-359-2024.

Noardo, F., Malacarne, G., Mastrolembo Ventura, S., Tagliabue, L. C., Ciribini, A. L. C., Ellul, C., Guler, D., Harrie, L., Senger, L., Waha, A., and Stoter, J. (2020a), "Integrating expertises and ambitions for data-driven digital building permits", *ISPRS Archives*, Vol. 44, pp. 103-110, available at: https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLIV-4-W1-2020-103-2020.

Noardo, F., Wu, T., Arroyo Ohori, K., Krijnen, T., Tezerdi, H. and Stoter, J. (2020b). "GeoBIM for digital building permit process: Learning from a case study in Rotterdam", *ISPRS Archives*, Vol. 6, pp. 151-158, available at: https://doi.org/10.5194/isprs-annals-VI-4-W1-2020-151-2020.

Noardo, F., Wu, T., Ohori, K. A., Krijnen, T. and Stoter, J. (2021). "IFC models for semi-automating common planning checks for building permits", *Automation in Construction*, Vol. 134, 104097, available at: https://doi.org/10.1016/j.autcon.2021.104097.

Park, S., Lee, Y. C. and Lee, J. K. (2016), "Definition of a domain-specific language for Korean building act sentences as an explicit computable form", *ITcon*, Vol. 21, available at: http://www.itcon.org/2016/26 (Accessed on 27/06/2025).

Ullah, K., Witt, E. and Lill, I. (2022), "The BIM-based building permit process: Factors affecting adoption", *Buildings*, Vol. 12, n.1, 45, available at: https://doi.org/10.3390/buildings12010045.

Urban, H., Fischer, S. and Schranz, C. (2024), "Adapting to an OpenBIM building permit process: A case study using the example of the city of Vienna", *Buildings*, Vol. 14, n. 4, 1135, available at: https://doi.org/10.3390/buildings14041135.

van Berlo, L., Costa, G., Klooster, R., Breitenfelder, K., Lavikka, R., Schneider, K. and Paasiala, P. (2024), "BIM Information reliability consequences for digital permit checking", *Proc. of CIB W78 2024,* available at: https://itc.scix.net/pdfs/w78-2024-paper_37.pdf (Accessed on 27/06/2025).

Zhang, Z., Ma, L., and Nisbet, N. (2023), "Unpacking ambiguity in building requirements to support automated compliance checking", *Journal of Management in Engineering*, Vol. 39, n. 5, 04023033, available at: https://doi.org/10.1061/JMENEA.MEENG-5359.

Strategie digitali per la produzione sostenibile nella filiera delle costruzioni in legno: modelli informativi per l'ottimizzazione delle risorse

Just Accepted: May 26, 2025 **Published:** November 06, 2025

Roberto Cognoli[1], https://orcid.org/0000-0002-6731-6283 roberto.cognoli@unicam.it
Michele Calvano[2], https://orcid.org/0000-0001-9508-2173 michele.calvano@uniroma1.it
[1] Scuola di Architettura e Design Eduardo Vittoria, Università di Camerino, Italia
[2] Dipartimento di Storia, Disegno e Restauro dell'Architettura, Sapienza Università di Roma, Italia

Abstract. Il contributo descrive il trasferimento tecnologico delle competenze sviluppate tra l'Università di Camerino e Sapienza Università di Roma in materia di digitalizzazione della filiera del legno e modelli informativi parametrici, applicato a un'azienda di *Interior Contract* nel Lazio per la progettazione di un elemento architettonico complesso in legno. L'adozione di una metodologia basata su modelli digitali informati, dalla progettazione alla fabbricazione, ha consentito di ridurre gli scarti di lavorazione (-30%) e ottimizzare i tempi di progettazione e produzione (-20%). Il caso studio dimostra come la sinergia tra competenze di ricerca multidisciplinari e settore industriale possa generare soluzioni efficienti e replicabili. A livello accademico, la sperimentazione ha consolidato la collaborazione tra università e industria, favorendo lo sviluppo di un *know-how* trasferibile per applicazioni future.

Parole chiave: Trasferimento tecnologico; Digitalizzazione del legno; Modelli informativi; Progettazione parametrica; *Visual programming language*.

Introduzione

Negli ultimi dieci anni, i quadri normativi europei, come il Green Deal Europeo e il Circular Economy Action Plan, hanno posto la sostenibilità, l'efficienza delle risorse e l'innovazione digitale al centro delle agende politiche e industriali. Nel settore delle costruzioni, la riduzione del cosiddetto *embodied carbon*, la minimizzazione degli sprechi e il miglioramento dei processi lungo il ciclo di vita sono diventati priorità strategiche. Il legno, nelle sue forme naturali e ingegnerizzate, sta guadagnando crescente interesse per la sua sostenibilità, ridotto impatto ambientale e rinnovabilità (Ramage *et al*., 2017; Tupenaite *et al*., 2023). Soprattutto l'evoluzione dei prodotti in legno ingegnerizzato ha permesso di incrementare le performance del materiale, aumentando le potenzialità applicative e consentendone l'utilizzo anche in progetti architettonici di grande scala (Kuzman and Sandberg, 2023). Sebbene l'incremento dell'uso del legno possa contribuire significativamente alla decarbonizzazione di diversi settori, un consumo non regolamentato e indiscriminato potrebbe determinare un'eccessiva pressione sulle risorse forestali (Ramage *et al*., 2017). Pertanto, una gestione responsabile e integrata della filiera del legno risulta essenziale per bilanciare le opportunità di riduzione delle emissioni di carbonio con la necessità di preservare il patrimonio forestale (Nepal *et al*., 2021). Un approccio efficace per ottimizzare l'uso dei materiali consiste nella concezione degli edifici come sistemi stratificati con cicli di vita distinti (Brand, 1994), consentendo di pianificare il riutilizzo in base alla durabilità e sostituibilità degli elementi. Questo principio si integra con il *cascading use of wood* (Hudert and Pfeiffer, 2019), favorendo un impiego sequenziale del legno nei diversi settori per massimizzarne il valore e prolungarne la vita utile prima del suo impiego in usi secondari o come biomassa (Szichta *et al*., 2022). A supporto di questi processi, le tecnologie digitali di rappresentazione e produzione del progetto giocano un ruolo chiave. Strumenti avanzati come la modellazione parametrica, il *Building Information Modeling* (BIM) e la fabbricazione digitale consentono di monitorare l'intero ciclo di vita del legno, dalla selezione della materia prima alla sua trasformazione, installazione, manutenzione e successivo riuso ottimizzando l'impiego delle risorse (tempo, materia, energia) e favorendo una maggiore adattabilità e resilienza dei sistemi co-

Digital strategies for sustainable production in the timber construction sector: informative models for resource optimisation

Abstract. This paper describes the technology transfer process involving expertise developed by the University of Camerino and Sapienza University of Rome in the field of timber digitalisation and parametric informative models. The research was applied in collaboration with an Interior Contract company in the Lazio region for the design of a complex wooden architectural element. The adoption of a methodology based on informed digital models, spanning from design to fabrication, enabled a reduction in production waste (-30%) and an optimisation of design and production time (-20%). The case study demonstrates how the synergy between multidisciplinary research expertise and the industrial sector can generate efficient and replicable solutions. From an academic perspective, the experimentation has strengthened the collaboration between universities and industry, fostering the development of transferable know-how for future applications.

Keywords: Technology transfer; Timber digitalisation; Informative models; Parametric design; Visual programming language.

Introduction

Over the past decade, European regulatory frameworks, such as the European Green Deal and the Circular Economy Action Plan, have placed sustainability, resource efficiency, and digital innovation at the core of political and industrial agendas. In the construction sector, reducing embodied carbon, minimising waste, and improving processes across the life cycle have become strategic priorities. Timber, in both its natural and engineered forms, is gaining increasing interest due to its sustainability, low environmental impact, and renewability (Ramage *et al*., 2017; Tupenaite *et al*., 2023). In particular, advancements in engineered wood products have enhanced the material's performance, expanding its applicability and enabling its use in large scale architectural projects (Kuzman and Sandberg, 2023). Although the increased use of timber can significantly contribute to the decarbonisation of various sectors, unregulated and indiscriminate consumption may exert excessive pressure on forest resources (Ramage *et al*., 2017). Therefore, a responsible and integrated management of the timber supply chain is essential to balance the opportunities for carbon emission reduction with the need to preserve forest ecosystems (Nepal, *et al*., 2021). An effective approach to optimising material use involves conceiving buildings as layered systems with distinct life cycles (Brand, 1994), allowing for planned reuse based on the durability and replaceability of individual components. This principle

ISSN online: 2239-0243 | © 2025 Author(s) | http://www.fupress.com/techne | DOI: 10.36253/techne-17425
Open access, peer-reviewed article published by Firenze University Press (https://www.fupress.com) and distributed, except where otherwise noted, under the terms of the CC BY 4.0 License for content and CC0 1.0 Universal for metadata

struttivi nel tempo (Menges *et al*., 2016; Svilans *et al*., 2019; Wagner *et al*., 2020). Questo contributo indaga il ruolo della ricerca accademica, attraverso il trasferimento attivo delle conoscenze al di fuori dell'ambito universitario – incluse collaborazioni con l'industria, la pratica professionale e le comunità di stakeholder – nel promuovere pratiche sostenibili nell'uso del legno. Con un focus sul contesto italiano, vengono esplorate le lacune nella gestione delle risorse che ostacolano il raggiungimento di obiettivi di sostenibilità più ampi e vengono definiti vincoli e opportunità per un utilizzo più responsabile dei materiali. Nello specifico, il documento presenta:

1. Il ruolo del legno nelle costruzioni e il rischio di sovrautilizzo – Analizza l'importanza del legno nei settori edilizio, dell'arredo e dell'energia, evidenziando il rischio di sovrasfruttamento e la necessità di strategie di gestione integrate, come l'uso a cascata, per massimizzare l'efficienza del materiale.
2. Digitalizzazione del ciclo di vita del legno – Esplora le tecnologie digitali, tra cui modellazione parametrica, *workflow* computazionali e tracciamento dei materiali, che ottimizzano la gestione della filiera, riducendo sprechi e facilitando la collaborazione tra stakeholder per una filiera più circolare.
3. Trasferimento tecnologico: la collaborazione tra Unicam e Sapienza – Presenta un caso studio sull'integrazione di metodologie digitali avanzate per la progettazione e fabbricazione di un elemento architettonico complesso in legno, dimostrando l'efficacia del trasferimento di conoscenze tra ricerca e industria.
4. Scalabilità del trasferimento tecnologico per l'adozione su scala industriale – Discute strategie per ampliare l'adozione delle metodologie digitali nel settore, evidenziando le opportunità per migliorare l'efficienza e la sostenibilità della filiera del legno su scala più ampia.

Il ruolo del legno nelle costruzioni e il rischio di sovra utilizzo

Il legno è un materiale strategico per la decarbonizzazione globale, grazie al suo basso carbonio incorporato (290 kg CO_2/m^3) e alla capacità di sequestrare fino a 1,2 tC/m^3 in 60 anni (Gu *et al*., 2021; Hawkins *et al*., 2021). Tuttavia, la crescente domanda nei settori edilizio, dell'arredo e della bioenergia solleva criticità sulla sostenibilità delle risorse forestali. Le politiche europee incentivano l'uso del legno per ridurre le emissioni del settore edilizio, responsabile del 37% della CO_2 UE.

Nei Paesi Bassi, il Timber Construction Covenant punta al 20% di edilizia in legno entro il 2025, sfruttando il CLT (*Cross Laminated Timber*) per accelerare i tempi di costruzione (-40%) (Bucci Ancapi *et al*., 2025). Anche in Italia, dove il legno rappresenta l'8% del patrimonio edilizio (FederlegnoArredo), la crescita del settore richiede strategie di gestione per evitare sovra estrazioni. Nel settore dell'arredo e interior design, la vita media ridotta degli arredi (6-12 anni) genera un alto volume di rifiuti, derivanti per il 17% da scarti edilizi e per il 38% dalla manifattura del legno (Pazzaglia and Castellani, 2023). Inoltre, la biomassa legnosa, principale fonte di energia rinnovabile in UE (59%), necessita di una gestione sostenibile per evitare squilibri ambientali (Jonsson and Sotirov, 2025). Nonostante il 50% delle foreste UE sia certificato FSC o PEFC (Corticeiro *et al*., 2023), ciò non basta a garantire una gestione sostenibile. Serve un modello basato sull'uso a cascata del legno, che ne prolun-

aligns with the cascading use of wood (Hudert and Pfeiffer, 2019), which promotes a sequential utilisation of timber across various sectors to maximise its value and extend its service life before transitioning into secondary applications or biomass production (Szichta *et al*., 2022). To support these processes, digital technologies for project representation and production play a crucial role. Advanced tools such as parametric modelling, Building Information Modelling (BIM), and digital fabrication enable the monitoring of the entire life cycle of timber, from raw material selection to transformation, installation, maintenance, and subsequent reuse. These technologies optimise resource utilisation (time, material, energy), and enhance the adaptability and resilience of construction systems (Menges *et al*., 2016; Svilans *et al*., 2019; Wagner *et al*., 2020). This study investigates the role of academic research in actively transferring knowledge beyond the university context – including collaborations with industry, professional practice, and stakeholder communities – to promote sustainable timber use practices. Focusing on the Italian context, it explores existing gaps in resource management that hinder the achievement of broader environmental goals while defining constraints and opportunities for a more responsible use of materials. Specifically, the paper presents:

1. The role of timber in construction and the risk of overexploitation – It analyses the significance of timber in the construction, furniture, and energy sectors, highlighting the risks of overexploitation and the need for integrated management strategies, such as cascading use, to maximise material efficiency.
2. Digitalisation of the timber life cycle – It explores digital technologies, including parametric modelling, computational workflows, and material tracking, which optimise supply chain management, reduce waste, and facilitate stakeholder collaboration for a more circular industry.
3. Technology transfer: the collaboration between Unicam and Sapienza – It presents a case study on the integration of advanced digital methodologies for the design and fabrication of a complex timber architectural element, demonstrating the effectiveness of knowledge transfer between research and industry.
4. Scalability of technology transfer for industrial adoption – It discusses strategies to expand the adoption of digital methodologies in the sector, highlighting opportunities to improve the efficiency and sustainability of the timber supply chain on a larger scale.

The Role of Timber in Construction and the Risk of Overexploitation

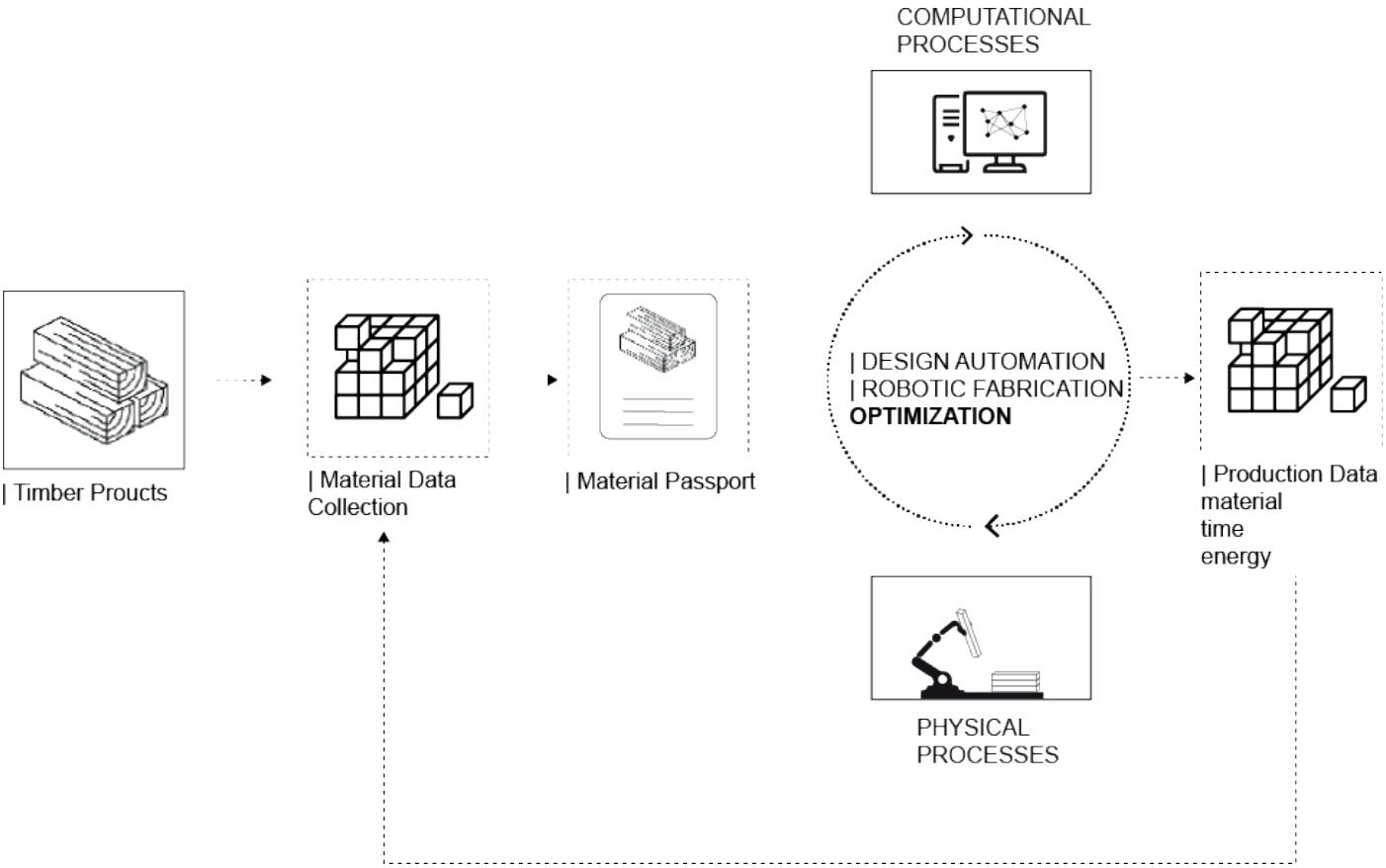
Timber is a strategic material for global decarbonisation due to its low embodied carbon (290 kg CO_2/m^3) and its capacity to sequester up to 1.2 tC/m^3 over a 60-year period (Gu *et al*., 2021; Hawkins *et al*., 2021). However, the increasing demand in the construction, furniture, and bioenergy sectors raises concerns regarding the sustainability of forest resources. European policies promote timber utilisation to reduce emissions from the construction sector, which accounts for 37% of the EU's CO_2 emissions. In the Netherlands, the Timber Construction Covenant aims to achieve 20% timber-based construction by 2025, leveraging cross-

ghi la vita utile attraverso riutilizzi successivi: edilizia, arredo, pannelli ingegnerizzati e infine, carta e biomassa (Hudert and Pfeiffer, 2019; Szichta *et al*., 2022). Questo approccio riduce il consumo di risorse vergini e ritarda il rilascio di carbonio, ma richiede sistemi di tracciabilità e tecnologie di decostruzione per un recupero efficace e sostenibile.

Digitalizzazione della filiera del legno e modellazione informata

L'integrazione delle tecnologie digitali nella gestione della filiera del legno rappresenta una strategia fondamentale per promuovere modelli circolari, migliorando tracciabilità, efficienza e sostenibilità dei processi produttivi (Fig. 1). In linea con le politiche europee per la transizione ecologica e digitale (Muench *et al*., 2022), l'adozione di strumenti avanzati come i *Material Passports* e i database interoperabili consentono di monitorare l'intero ciclo di vita del materiale, ottimizzandone il riutilizzo e riducendo gli sprechi avendo le informazioni fondamentali sempre disponibili (Honic *et al*., 2021; Munaro and Tavares, 2023). Parallelamente, la manifattura digitale e la ri-manifattura del legno beneficiano dell'uso di CNC, Robot Collaborativi e *Sorting* automatico basato su Intelligenza Artificiale, permettono di ottimizzare il materiale disponibile, ridurre i difetti e incrementare l'efficienza della produzione (Garcia *et al*., 2021; Kunic *et al*., 2021; Luo *et al*., 2021). La progettazione computazionale supporta questo processo attraverso modelli parametrici e *generative design*, consentendo di minimizzare gli scarti e adattare la progettazione alle caratteristiche del materiale recuperato (Yu and Fingrut, 2022). L'integrazione con *Digital Twins* permette inoltre un monitoraggio continuo delle prestazioni, migliorando la gestione delle risorse nel tempo (Zhang *et al*., 2021). Un ruolo chiave in questa trasformazione è svolto dal *Visual Programming Language* (VPL), che semplifica la gestione dei flussi informativi tra progettazione e produzione. Il VPL consente di integrare in un unico ambiente dati geometrici, prestazionali e ambientali, favorendo l'automazione dei processi e la riduzione degli errori di progettazione (Garagnani, 2013; Caetano and Leitão, 2019; Caetano *et al*., 2020). Inoltre l'interoperabilità con il BIM migliora l'ottimizzazione delle risorse lungo il ciclo di vita dell'edificio, facilitando la pianificazione di strategie di disassemblaggio

01 |



e riuso attraverso la gestione efficiente di diversi *layer* informativi (ISO 19650-1:2018). Le soluzioni digitali sviluppate in ambito accademico hanno raggiunto un livello di maturità tale da renderle implementabili nel settore industriale, offrendo un particolare vantaggio alle PMI grazie alla riduzione dei costi di accesso alle tecnologie avanzate, all'ottimizzazione dei processi produttivi e alla maggiore competitività nel mercato. L'adozione di *workflow* digitali e modellazione parametrica, incentivata dalle politiche europee per l'Industria 4.0, permette alle aziende di migliorare la gestione delle risorse, ridurre i costi operativi e aumentare la competitività. Il trasferimento tecnologico di queste metodologie, attraverso collaborazioni tra università e industria, può accelerare l'adozione di modelli produttivi più sostenibili.

Trasferimento tecnologico: la collaborazione tra Unicam e Sapienza nel caso applicativo

Le sperimentazioni condotte dalla Scuola di Architettura e Design dell'Università di Camerino e dalla Facoltà di Architettura della Sapienza Università di Roma, attraverso l'integrazione delle competenze provenienti da due ambiti disciplinari – la Tecnologia dell'Architettura e la Rappresentazione – sono finalizzate allo sviluppo di metodologie per una modellazione informata che possa supportare processi di progettazione e produzione basati su criteri di ottimizzazione delle risorse e sostenibilità del ciclo di vita dei materiali.

Input – Sviluppo e integrazione delle ricerche accademiche
La ricerca condotta presso l'Università di Camerino, finanziata attraverso il programma POR Marche FSE 2014-2020, si è focalizzata sulla digitalizzazione della filiera del legno, con particolare attenzione alle tecniche di automazione applicate alla progettazione e alla gestione della produzione. L'obiettivo principale è stato ridurre il consumo di materia prima e sviluppare strategie di riuso del legno, attraverso metodologie basate su modellazione parametrica e *workflow* digitali (Cognoli *et al*., 2024). Parallelamente, presso La Sapienza – Università di Roma, la ricerca si è concentrata su metodologie di modellazione parametrica e VPL, sviluppando strumenti capaci di integrare informazioni geometriche e costruttive, ottimizzando i processi di fabbricazione automatizzata e il dialogo tra progettazione e produzione (Calvano and Mancini, 2021). L'integrazione di queste competenze ha favorito un processo di trasferimento tecnologico, applicando metodologie avanzate in una consulenza per Devoto Design, una PMI specializzata in *Interior Contract*, che si occupa dell'ingegnerizzazione, produzione e installazione di arredi su misura con geometrie complesse e organiche. Pur disponendo di un ufficio tecnico dedicato alla gestione dei progetti standard, l'azienda si avvale di consulenze esterne per lo sviluppo di soluzioni altamente specializzate.

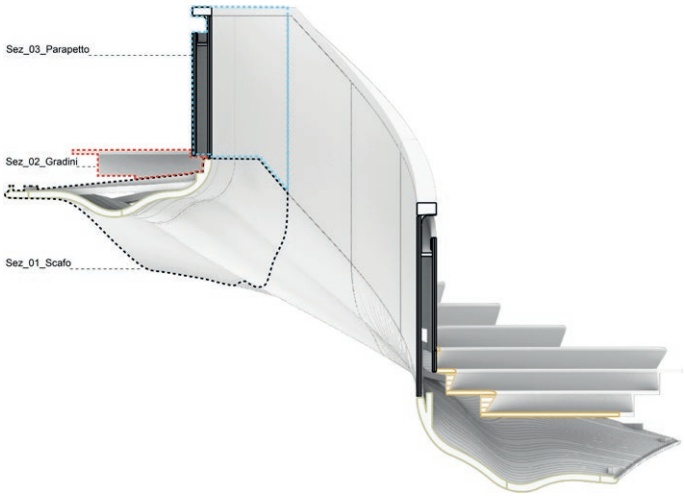
Output – Applicazione dei modelli digitali nel caso studio
L'esperienza ha riguardato lo sviluppo di un *workflow* digitale integrato per la progettazione e la realizzazione del rivestimento di una scala elicoidale in legno caratterizzata da un'elevata complessità geometrica e da un elevato scarto di lavorazione. La scala, caratterizzata da una geometria *freeform*, si articola in due rampe consecutive, integrando in un'unica configurazione fluida il sottoscala, il parapetto e i gradini. Il design è stato concepito per garantire continuità formale e coerenza estetica. Per

laminated timber (CLT) to accelerate construction times by up to 40% (Bucci Ancapi *et al*., 2025). Similarly, in Italy, where timber constitutes 8% of the building stock (FederlegnoArredo), the sector's growth necessitates management strategies to prevent excessive extraction. In the furniture and interior design sector, the short average lifespan of furnishings (6–12 years) generates a significant volume of waste, 17% of which originates from construction debris and 38% from timber manufacturing (Pazzaglia and Castellani, 2023). Furthermore, woody biomass, which constitutes the EU's primary renewable energy source (59%), requires sustainable management to avoid environmental imbalances (Jonsson and Sotirov, 2025). Although 50% of EU forests are certified by FSC or PEFC (Corticeiro *et al*., 2023), this is insufficient to ensure sustainable management. A cascading use model for timber is essential, extending its useful life through successive reuse cycles – construction, furniture, engineered wood panels, paper and finally biomass (Hudert and Pfeiffer, 2019; Szichta *et al*., 2022). This approach minimises the consumption of virgin resources and delays carbon release. However, its implementation requires traceability systems and deconstruction technologies to enable effective and sustainable material recovery.

Digitalisation of the Timber Supply Chain and Informed Modelling
The integration of digital technologies in the management of the timber supply chain represents a fundamental strategy for promoting circular models by enhancing traceability, efficiency, and sustainability in production processes (Fig. 1). In alignment with European policies for ecological and digital transitions (Muench *et al*., 2022), the adoption of advanced tools, such as Material Passports and interoperable databases, facilitates comprehensive tracking of the entire material lifecycle, thereby enhancing reuse potential and minimising waste by ensuring continuous availability of critical information (Honic *et al*., 2021; Munaro and Tavares, 2023). At the same time, digital manufacturing and remanufacturing of timber benefit from the use of CNC machining, Collaborative Robots, and AI-based automated sorting systems, optimise available materials, reduce defects, and improve production efficiency (Garcia *et al*., 2021; Kunic *et al*., 2021; Luo *et al*., 2021). Computational design supports this process through parametric models and generative design, allowing for waste minimisation and adaptation of designs to the characteristics of reclaimed materials (Yu and Fingrut, 2022). Additionally, integration with Digital Twins enables continuous performance monitoring, improving long-term resource management (Zhang *et al*., 2021). A key role in this transformation is played by Visual Programming Language (VPL), which simplifies the management of information flows between design and production. VPL facilitates the integration of geometric, performance, and environmental data within a unified environment, enhancing process automation and reducing design errors (Garagnani, 2013; Caetano and Leitão, 2019; Caetano *et al*., 2020). Furthermore, interoperability with Building Information Modelling (BIM) enhances resource optimisation throughout the building lifecycle, facilitating the planning of disassembly and reuse strate-

02 | Divisione in settori per la produzione dell'elemento architettonico
Sectoral Division for the Production of the Architectural Element

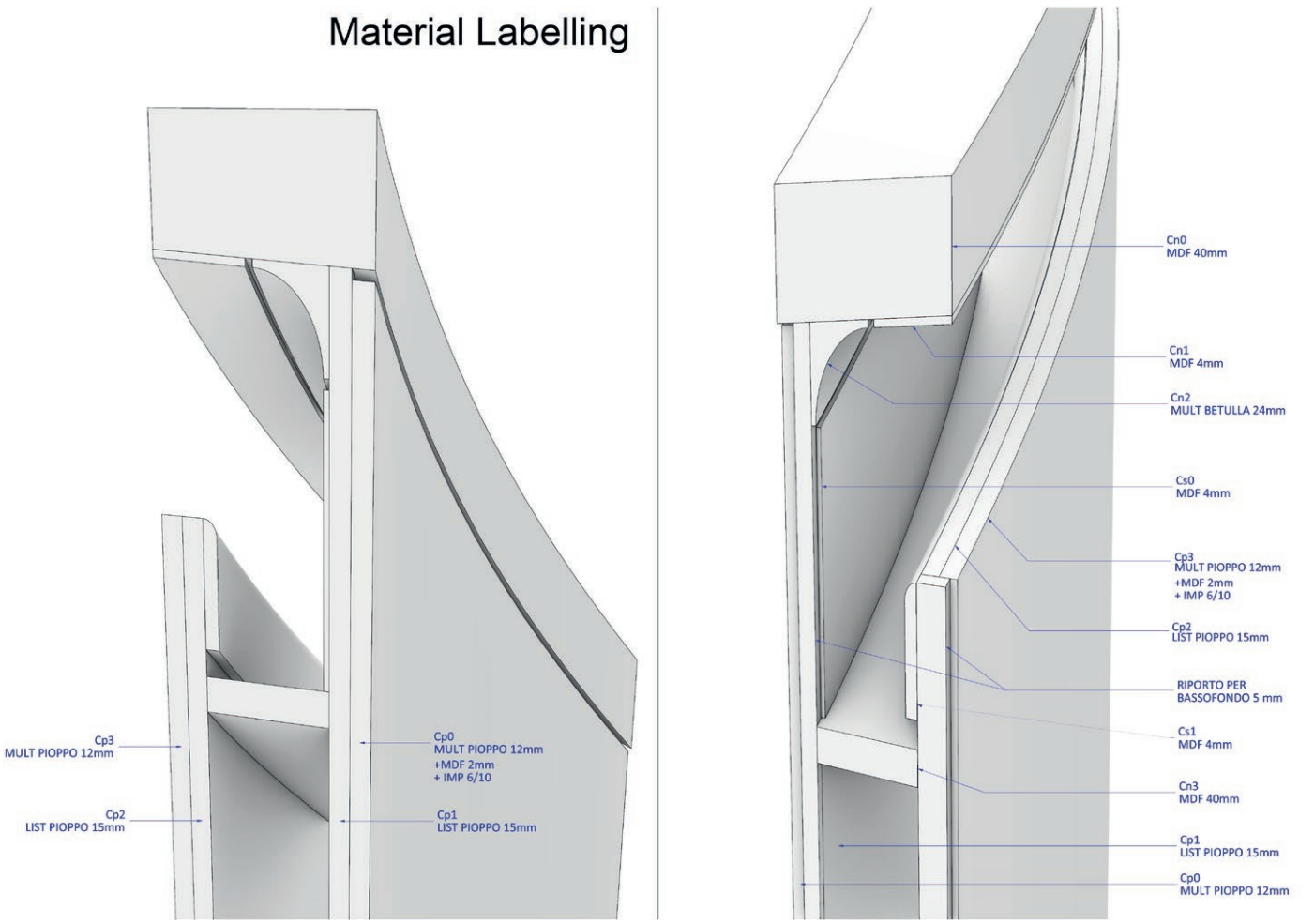
03 | Codifica dei materiali trasferiti agli attributi delle geometrie tramite VPL
Encoding of Materials Transferred to Geometry Attributes via VPL



| 02

ottimizzare i processi di fabbricazione e assemblaggio, il rivestimento è stato discretizzato in 22 settori, ciascuno composto da tre elementi principali: scafo sottoscala, parapetto e gradini (Fig. 2). Ogni elemento è stato ulteriormente suddiviso in componenti distinti in base alla tipologia di materiale, alla tecnologia di produzione e ai requisiti prestazionali. Complessivamente, la struttura è composta da circa 1000 componenti codificati, realizzati in cinque materiali differenti – MDF, listellare in pioppo, multistrato di betulla, legno massello di frassino e tabu – selezionati in funzione di criteri funzionali, meccanici ed estetici (Fig. 3). La metodologia adottata si è basata su un sistema integrato di modelli digitali, interconnessi attraverso l'uso del VPL tramite il *plug in* Grasshopper, per garantire continuità nel flusso di informazioni e metadati lungo l'intero processo progettuale e produttivo. Questo approccio consente di ottimizzare la transizione dalla validazione formale alla realizzazione fisica, migliorando l'interoperabilità tra modellazione parametrica e fabbricazione digitale. Il *workflow* prevede in una fase iniziale lo sviluppo di un modello di studio, sviluppato per verificare digitalmente il progetto, testare i materiali e simulare i vincoli di assemblaggio. Le geometrie prodotte includono metadati relativi alle proprietà fisico-meccaniche, alle tolleranze e alle connessioni previste. Successivamente, viene elaborato un modello continuo attraver-

03 |



so *reverse modeling* per correggere incongruenze topologiche e garantire la coerenza geometrica, fornendo una base ottimizzata per le successive elaborazioni parametriche. Successivamente viene implementato il modello procedurale in VPL per automatizzare la gestione dei parametri geometrici e costruttivi, stabilire relazioni dinamiche tra le variabili del progetto e consentire aggiornamenti in tempo reale sulla base dei vincoli strutturali e produttivi. I metadati associati servono per definire le regole di fabbricazione, le tolleranze di montaggio e le connessioni tra i componenti, facilitando la transizione alla fase esecutiva. Il modello di fabbricazione viene utilizzato per tradurre questi dati in istruzioni operative per macchine CNC e sistemi robotici, ottimizzare il nesting e ridurre gli scarti di lavorazione. Ogni elemento viene identificato digitalmente per tracciarne la posizione, le proprietà dimensionali e le specifiche di lavorazione, garantendo il controllo qualità lungo l'intera catena produttiva. Il modello reale rappresenta il risultato finale del processo, realizzato mediante lavorazioni CNC (Fig. 4) e successivo assemblaggio dove il modello di fabbricazione funge da riferimento per definire l'ordine di montaggio, riducendo il margine di errore e ottimizzando i tempi di esecuzione. Infine, la fase di gestione e documentazione serve per raccogliere e archiviare i dati generati, producendo un modello *as-built* digitale con disegni tecnici, elenchi componenti e un database strutturato. Questo sistema consente di tracciare le informazioni necessarie per la manutenzione, l'aggiornamento e l'eventuale disassemblaggio, riducendo errori e ottimizzando l'efficienza e la sostenibilità lungo l'intero ciclo di vita del manufatto. (Figg. 5, 6, 7).

Outcome – Risultati e impatti

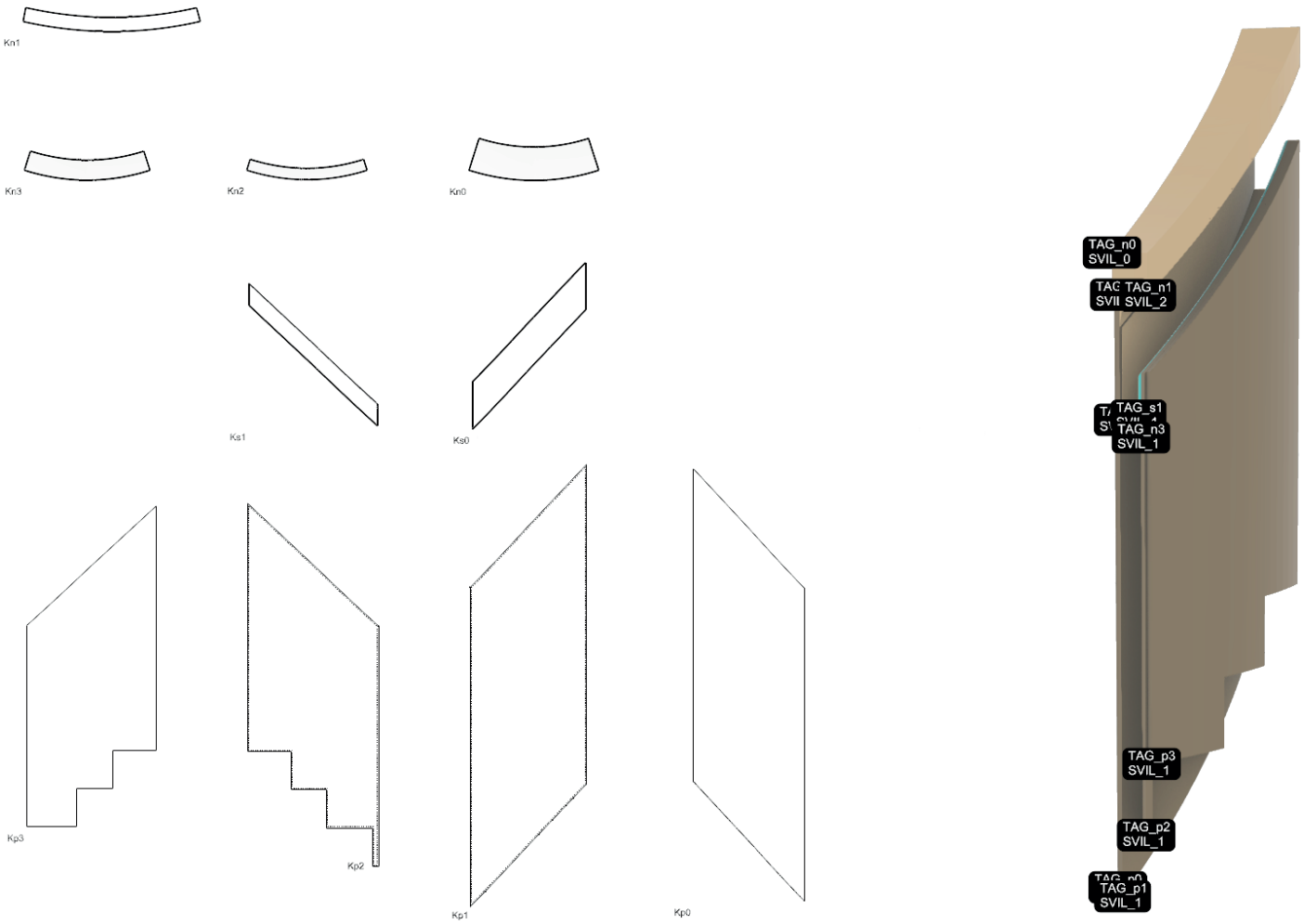
L'applicazione congiunta della ricerca di Unicam e Sapienza su questo caso studio ha fornito risultati misurabili in termini di metriche produttive e ambientali. L'ottimizzazione tramite modelli di *nesting* ha consentito una riduzione di circa il 30% degli scarti di materiale rispetto a un processo standard (Fig. 8), migliorando al contempo l'efficienza produttiva con un risparmio del 20% sui tempi complessivi di progettazione e produzione. La digitalizzazione dei dati relativi ai materiali facilita le valutazioni di sostenibilità, semplificando eventuali *Life Cycle Assessment* (LCA) o la compilazione delle *Environmental Product Declarations* (EPD). Dal punto di vista tecnologico, la collaborazione tra Unicam e Sapienza ha dimostrato come l'integrazione tra digitalizzazione e modellazione parametrica possa fornire soluzioni scalabili per la produzione di manufatti complessi. L'esperienza ha inoltre evidenziato il potenziale del trasferimento di conoscenze tra accademia e industria, ponendo le basi per lo sviluppo di un programma di formazione aziendale mirato all'adozione di *workflow* digitali avanzati.

Scalabilità del trasferimento tecnologico per l'adozione su scala industriale

Il trasferimento tecnologico costituisce un meccanismo strategico per colmare il divario tra ricerca accademica e applicazione industriale, consentendo l'adozione e la diffusione di metodologie innovative nei processi produttivi. Questo processo si fonda su una collaborazione strutturata tra diversi attori, ciascuno con un ruolo spe-

| 04

05 |



gies through the efficient management of multiple information layers (ISO 19650-1:2018). The digital solutions developed in academia have reached a level of maturity that makes them implementable in the industrial sector, providing a particular advantage to SMEs by reducing the costs of accessing advanced technologies, optimising production processes, and enhancing market competitiveness. The adoption of digital workflows and parametric modelling, driven by European policies for Industry 4.0, enables companies to improve resource management, reduce operational costs, and increase competitiveness. The technology transfer of these methodologies, fostered through collaborations between universities and industry, can accelerate the adoption of more sustainable production models.

Technology Transfer: The Collaboration Between Unicam and Sapienza in the Case Study Application

The experimental research conducted by the School of Architecture and Design at the University of Camerino and the Faculty of Architecture at Sapienza University of Rome integrates expertise from two disciplinary fields – Architectural Technology and Representation – to develop methodologies for informed modelling. These methodologies aim to support design and production processes based on resource optimisation criteria and sustainability throughout the material life cycle.

Input – Development and Integration of Academic Research

The research carried out at the University of Camerino, funded through the POR Marche FSE 2014-2020 programme, has focused on the digitalisation of the timber supply chain, with particular attention to automation techniques applied to design and production management. The primary objective has been to reduce raw material consumption and develop reuse strategies for timber through methodologies based on parametric modelling and digital workflows (Cognoli, *et al*., 2024). Simultaneously, research at Sapienza University, Rome, has focused on parametric modelling methodologies and VPL, developing tools capable of integrating geometric and construction data to optimise automated fabrication processes and improve communication between design and production (Calvano and Mancini, 2021). The integration of these competencies facilitated a technology transfer process, applying advanced methodologies in a consultancy for Devoto Design, an SME specialising in Interior Contract. The company focuses on engineering, manufacturing, and installing bespoke furniture with complex and organic geometries. Despite having an in-house technical office dedicated to managing standard projects, the company relies on external expertise for the development of highly specialised solutions.

Output – Application of Digital Models in the Case Study

The project involved the development of an integrated digital workflow for the design and fabrication of the cladding of a helical wooden staircase, characterised by high geometric complexity and significant material waste during processing. Featuring freeform geometry, the staircase unfolds over two consecutive flights, seamlessly integrating the underside, balustrade, and steps into a fluid configuration. The design ensures formal continuity

cifico: le istituzioni accademiche sviluppano conoscenze e strumenti avanzati, le imprese industriali ne valutano la fattibilità e ne guidano l'implementazione pratica, mentre gli enti regolatori e finanziatori creano le condizioni per la loro diffusione su scala più ampia. Le piccole e medie imprese (PMI), in particolare, traggono un significativo beneficio dal trasferimento tecnologico, poiché consente loro di accedere a innovazioni avanzate senza dover sostenere i costi elevati della ricerca e sviluppo interna, aumentando così la loro competitività e capacità di crescita. L'assenza di un ecosistema di cooperazione tra questi attori ostacolerebbe la transizione dall'innovazione teorica alla sua effettiva applicazione produttiva. Il caso studio presentato evidenzia come la convergenza tra ricerca multidisciplinare e necessità produttive specifiche possa generare soluzioni altamente efficaci e replicabili. L'integrazione di competenze nel campo della modellazione informativa parametrica e della digitalizzazione della filiera del legno ha consentito di affrontare le complessità progettuali e produttive, traducendo l'innovazione accademica in un sistema strutturato e implementabile su scala industriale. La sinergia tra università e industria non si è limitata alla mera applicazione di strumenti avanzati, ma ha favorito un ripensamento delle pratiche produttive, dimostrando come l'adozione di metodologie computazionali e strategie digitali possa ridefinire il rapporto tra efficienza, sostenibilità e qualità del prodotto. L'adozione su scala industriale delle metodologie sperimentate nella filiera del legno richiede protocolli condivisi che garantiscano interoperabilità tra strumenti digitali e processi produttivi, favorendo la standardizzazione e l'adattabilità a contesti produttivi differenti. Questa evoluzione deve essere accompagnata da un costante aggiornamento delle competenze, formando professionisti capaci di operare nell'intersezione tra progettazione parametrica, automazione e produzione industriale. L'integrazione di tecnologie digitali avanzate può consentire di ottimizzare l'efficienza dei processi, garantendo maggiore sostenibilità e competitività nel settore.

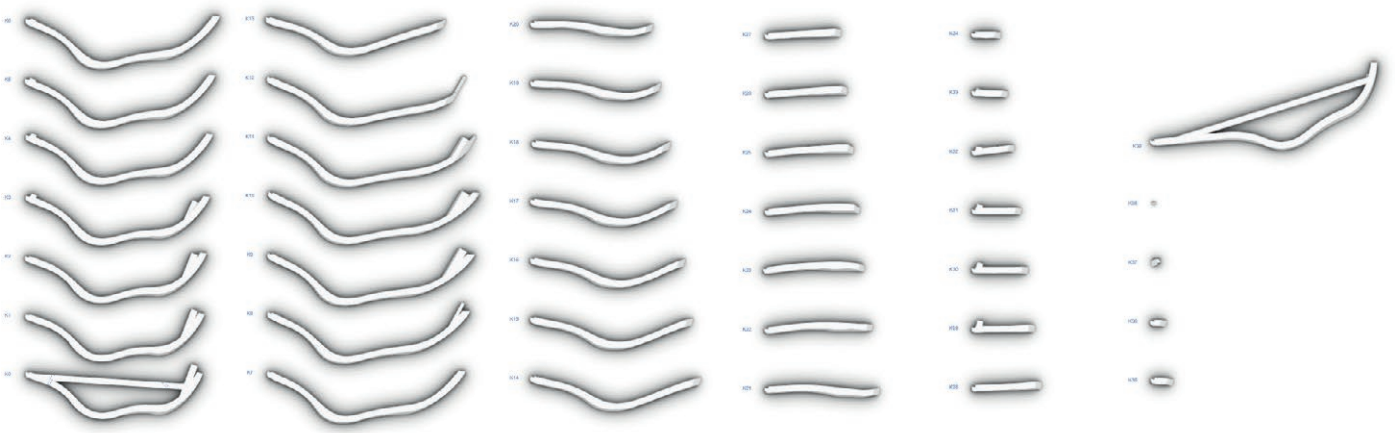
REFERENCES

Brand, S. (1994), *How Buildings Learn: What Happens After They're Built*, Viking, New York.

Bucci Ancapi, F., *et al.* (2025), "How ex ante policy evaluation supports circular city development: Amsterdam's mass timber construction policy", *Journal of Environmental Management*, Vol. 376, p. 124516. Available at: https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2025.124516.

Caetano, I. and Leitão, A. (2019), "Integration of an algorithmic BIM approach in a traditional architecture studio", *Journal of Computational De-*

| 06

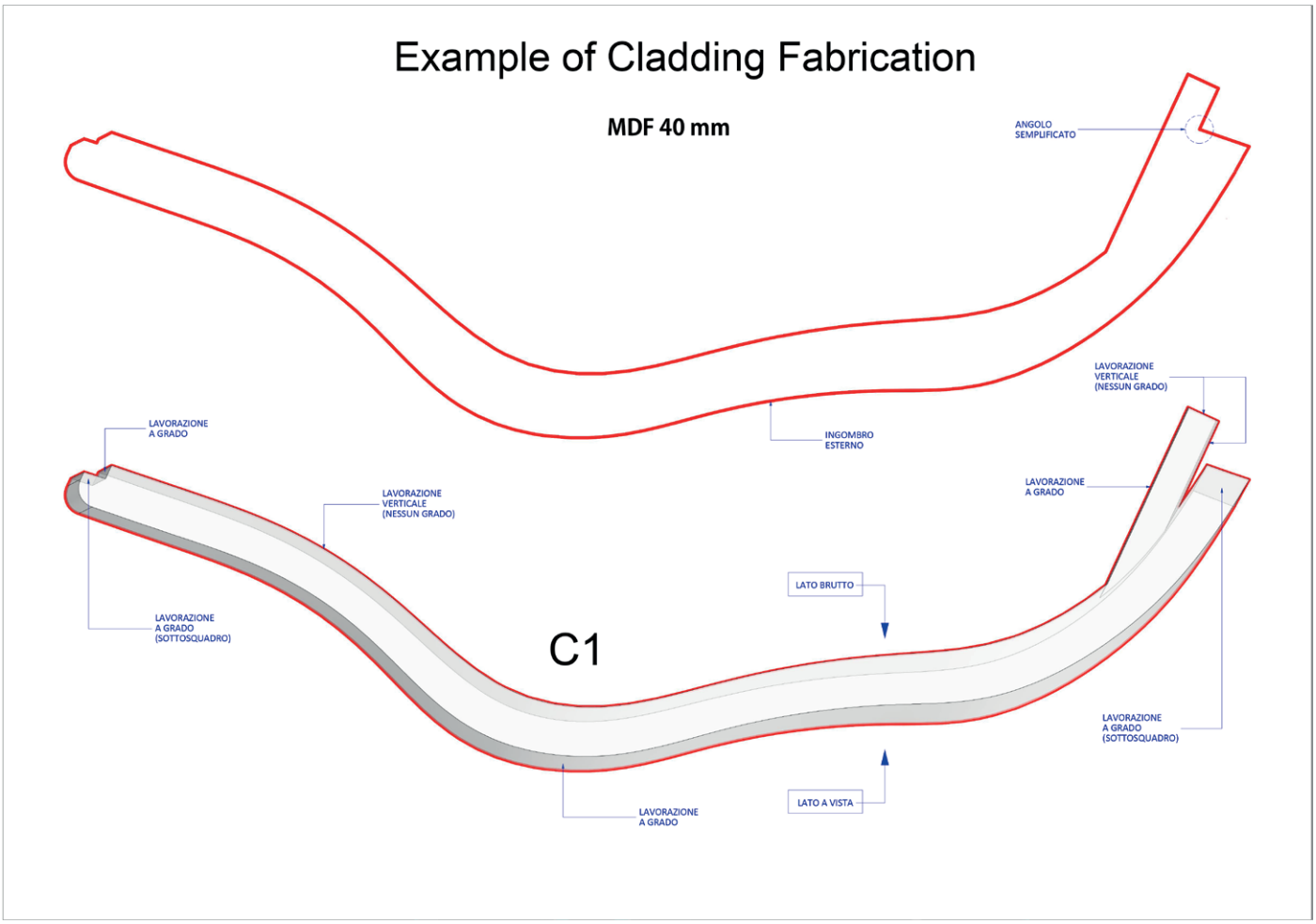


Codice Elemento	Materiale	Volume (m³)	Area (m²)	Tecnologia di produzione	Tempo di manifattura (min)	Diametro Fresa	Passate
K01	MDF 40	0.003345	0.309542	Fresatura CNC	5.452842	10	4
K02	MDF 40	0.003626	0.345764	Fresatura CNC	6.31047	10	4
K03	MDF 40	0.004274	0.391188	Fresatura CNC	6.744812	10	4
K04	MDF 40	0.004649	0.412063	Fresatura CNC	6.79737	10	4
K05	MDF 40	0.004632	0.410574	Fresatura CNC	6.25607	10	4
K06	MDF 40	0.004147	0.38306	Fresatura CNC	6.185734	10	4
K07	MDF 40	0.004064	0.367675	Fresatura CNC	2.087478	10	4
K08	MDF 40	0.001197	0.113525	Fresatura CNC	1.907129	10	4
K09	MDF 40	0.001082	0.107321	Fresatura CNC	1.868927	10	4
K10	MDF 40	0.001008	0.097234	Fresatura CNC	1.647882	10	4
K11	MDF 40	0.000862	0.084094	Fresatura CNC	1.428668	10	4
K12	MDF 40	0.000721	0.07135	Fresatura CNC	1.211393	10	4

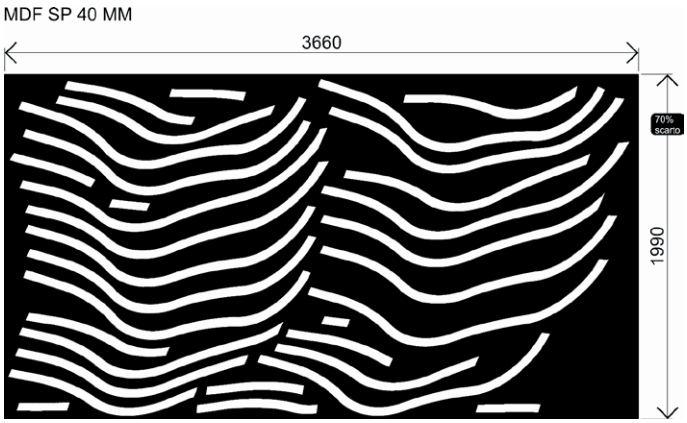
07 | Esplicitazione di alcune indicazioni di lavorazione sulle geometrie
Explicit Representation of Certain Machining Instructions on Geometries

08 | Lo scarto per questo tipo di geometrie si attesta al 70% un valore estremante elevato che necessita di processi di ottimizzazione dedicati con cui risparmiare fino al 30% in più di materiale
The waste generated by this type of geometry reaches 70%, an extremely high value that necessitates dedicated optimisation processes, potentially reducing material consumption by up to an additional 30%

07 |



and aesthetic coherence. To optimise fabrication and assembly processes, the cladding was discretised into 22 sectors, each consisting of three main elements: underside shell, balustrade, and steps (Fig. 2). Each of these elements was further subdivided into distinct components based on material type, production technology, and performance requirements. Overall, the structure comprises approximately 1000 coded components, fabricated from five different materials – MDF, poplar blockboard, birch plywood, solid ash, and Tabu veneer – selected according to functional, mechanical, and aesthetic criteria (Fig. 3). The adopted methodology was based on an integrated system of digital models, interconnected through VPL thought Grasshopper plugin, ensuring seamless information and metadata flow across the entire design and production process. This approach optimises the transition from formal validation to physical realisation, enhancing interoperability between parametric modelling and digital fabrication. The workflow begins with the study model, which is developed to digitally validate the project, test materials, and simulate assembly constraints. The generated geometries include metadata related to physical-mechanical properties, tolerances, and connection details. Subsequently, the continuous model undergoes reverse modelling to correct topological inconsistencies and ensure geometric coherence, providing an optimised base for subsequent parametric processing. The procedural model is implemented in VPL to automate the management of geometric and construction parameters, establish dynamic relationships between project variables, and enable real-time



| 08

updates based on structural and production constraints. The associated metadata define fabrication rules, assembly tolerances, and component connections, facilitating the transition to the executive phase. The fabrica-

sign and Engineering, Vol. 6, n. 3, pp. 327–336. Available at: https://doi.org/10.1016/j.jcde.2018.11.004.

Caetano, I., Santos, L. and Leitão, A. (2020), "Computational design in architecture: defining parametric, generative, and algorithmic design", *Frontiers of Architectural Research*, Vol. 9, n. 2, pp. 287–300. Available at: https://doi.org/10.1016/j.foar.2019.12.008.

Calvano, M. and Mancini, M.F. (2021), "Testing and Defining a Complex Design Through Digital and Physical Models", *Nexus Network Journal*, Vol. 23, n. 4, pp. 995–1016. Available at: https://doi.org/10.1007/s00004-021-00569-6.

Cognoli, R., Cocco, P.L. and Ruggiero, R. (2024), "Innovative timber upcycling: digital strategies for prolonging timber lifespan and promoting reuse", *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, Vol. 1402, n. 1, p. 012036. Available at: https://doi.org/10.1088/1755-1315/1402/1/012036.

Corticeiro, S., Tomé, M. and Vieira, H. (2023), "Can forest certification schemes really drive economic value to European forest owners?" Available at: https://doi.org/10.20944/preprints202311.1966.v1.

FederlegnoArredo, Federazione imprese settore mobile e arredamento (no date), Available at: https://www.federlegnoarredo.it/ (Accessed on 10/03/2024).

Garagnani, S. (2013), "Building Information Modeling and real world knowledge. A methodological approach to accurate semantic documentation for the built environment", *DigitalHeritage 2013*. Available at: https://doi.org/10.1109/DigitalHeritage.2013.6743788.

Garcia, A.B. *et al.* (2021), "MATERIAL (DATA) INTELLIGENCE", *Proceedings of the 26th International Conference of the Association for Computer-Aided Architectural Design Research in Asia (CAADRIA)*, Vol. 1, pp. 361–370. Available at: https://research.tudelft.nl/en/publications/material-data-intelligence-towards-a-circular-building-environmen (Accessed on 30/06/2025).

Gu, H., Nepal, P., Arvanitis, M. and Alderman, D. (2021), "Carbon impacts of engineered wood products in construction", in Gong, M. (Ed.), *Engineered Wood Products for Construction*, IntechOpen. Available at: https://doi.org/10.5772/intechopen.99193.

Hawkins, W., Cooper, S., Allen, S., Roynon, J. and Ibell, T. (2021), "Embodied carbon assessment using a dynamic climate model: Case-study comparison of a concrete, steel and timber building structure", *Structures*, Vol. 33, pp. 90–98. Available at: https://doi.org/10.1016/j.istruc.2020.12.013.

Honic, M., Kovacic, I., Aschenbrenner, P. and Ragossnig, A. (2021), "Material Passports for the end-of-life stage of buildings: challenges and potentials", *Journal of Cleaner Production*, Vol. 319, n. 128702. Available at: https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128702.

Hudert, M. and Pfeiffer, S. (2019), *Rethinking Wood: Future Dimensions of Timber Assembly*, Birkhäuser.

International Organization for Standardization (2018) *ISO 19650-1:2018 — Organisation and digitisation of information about buildings and civil engineering works, including BIM: Information management using building information modelling — Part 1: Concepts and principles*. Geneva: ISO. Available at: https://www.iso.org/standard/68078.html (Accessed on 03 March 2025).

Jonsson, R. and Sotirov, M. (2025), "Future wood availability in Europe in light of climate and energy policy and geopolitical developments — A wood resource balance-based assessment", *Sustainability*, Vol. 17, n. 3, p. 1291. Available at: https://doi.org/10.3390/su17031291.

Kunic, A., Kramberger, A. and Naboni, R. (2021), "Cyber-physical robotic process for re-configurable wood architecture closing the circular loop in wood architecture", *Proceedings of the eCAADe Conference 2021*. Available at: https://doi.org/10.52842/conf.ecaade.2021.2.181.

Kuzman, M.K. and Sandberg, D. (2023), "Engineered wood products in contemporary architectural use – a concise overview", *Wood Material Science & Engineering*, Vol. 18, n. 6, pp. 2112–2115. Available at: https://doi.org/10.1080/17480272.2023.2264258.

Luo, D., Gattas, J.M. and Tan, P.S.S. (2021), "Real-time defect recognition and optimized decision making for structural timber jointing", in Yuan, P.F.

tion model translates these data into operational instructions for CNC machines and robotic systems, optimising nesting to reduce material waste. Each element is digitally identified to track its position, dimensional properties, and machining specifications, ensuring quality control throughout the entire production chain. The physical model represents the final outcome of the process, fabricated through CNC machining (Fig. 4) and subsequent assembly where the manufacturing model serves as a reference to define the assembly sequence, minimising errors and optimising execution time. Finally, the management and documentation phase collects and archives generated data, producing a digital as-built model with technical drawings, component lists, and a structured database. This system enables traceability of all necessary information for maintenance, updates, and potential disassembly, reducing errors and optimising efficiency and sustainability throughout the entire life cycle of the architectural element (Figs. 5, 6, 7).

Outcome – Results and Impacts

The joint research effort between Unicam and Sapienza on this case study has yielded measurable results in terms of production and environmental metrics. Optimisation through nesting models enabled a 30% reduction in material waste compared to a standard process (Fig. 8), while simultaneously enhancing production efficiency, leading to a 20% decrease in overall design and manufacturing time. The digitalisation of material-related data facilitates sustainability assessments, simplifying potential Life Cycle Assessments (LCA) and the compilation of Environmental Product Declarations (EPD). From a technological perspective, the collaboration between Unicam and Sapienza demonstrated how the integration of digitalisation and parametric modelling can provide scalable solutions for the fabrication of complex artifacts. Moreover, this experience highlighted the potential for knowledge transfer between academia and industry, laying the groundwork for the development of targeted corporate training programmes aimed at the adoption of advanced digital workflows.

Scalability of Technology Transfer for Industrial Adoption

Technology transfer serves as a strategic mechanism for bridging the gap between academic research and industrial application, facilitating the adoption and dissemination of innovative methodologies within manufacturing processes. This process relies on a structured collaboration among multiple stakeholders, each playing a distinct role. Academic institutions develop advanced knowledge and tools, industrial enterprises assess their feasibility and guide their practical implementation, while regulatory bodies and funding institutions create the conditions for their widespread adoption. Small and medium-sized enterprises (SMEs), in particular, derive significant benefits from technology transfer, as it allows them to access cutting-edge innovations without bearing the high costs of in-house research and development, thereby enhancing their competitiveness and growth potential. The absence of a cooperative ecosystem among these stakeholders would hinder the transition from theoretical innovation to practical industrial application. The case study presented

et al. (Eds.) *Proceedings of the 2020 DigitalFUTURES*, Springer, Singapore, pp. 36–45. Available at: https://doi.org/10.1007/978-981-33-4400-6_4.

Menges, A., Schwinn, T. and Krieg, O.D. (2016), "Advancing wood architecture", in Menges, A., Schwinn, T. and Krieg, O.D. (Eds.) *Advancing Wood Architecture*, 1st ed., Routledge, New York, pp. 1–10. Available at: https://doi.org/10.4324/9781315678825-1.

Muench, S., Stoermer, E., Jensen, K., Asikainen, T., Salvi, M. and Scapolo, F. (2022) *Towards a green & digital future*, Publications Office of the European Union, Luxembourg. Available at: https://doi.org/10.2760/977331.

Munaro, M.R. and Tavares, S.F. (2023), "A review on barriers, drivers, and stakeholders towards the circular economy: the construction sector perspective", *Cleaner and Responsible Consumption*, Vol. 8, n. 100107. Available at: https://doi.org/10.1016/j.clrc.2023.100107.

Nepal, P., Johnston, C.M.T. and Ganguly, I. (2021), "Effects on global forests and wood product markets of increased demand for mass timber", *Sustainability*, Vol. 13, n. 24, p. 13943. Available at: https://doi.org/10.3390/su132413943.

Pazzaglia, A. and Castellani, B. (2023), "Wood waste valorization in Europe: policy framework, challenges, and decisional tools", *Procedia Environmental Science, Engineering and Management*, Vol. 10, n. 2, pp. 345–352. Available at: https://procedia-esem.eu/pdf/issues/2023/no2/14_Pazzaglia_23.pdf (Accessed on 30 June 2025).

Ramage, M.H. *et al.* (2017), "The wood from the trees: the use of timber in construction", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 68, pp. 333–359. Available at: https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.09.107.

Svilans, T., Tamke, M., Hudert, M. and Terk, Y. (2019), "New workflows for digital timber", in *Advances in Architectural Geometry 2018*, pp. 93–134. Available at: https://doi.org/10.1007/978-3-030-03676-8_3.

Szichta, P., Risse, M., Weber-Blaschke, G. and Richter, K. (2022), "Potentials for wood cascading: A model for the prediction of the recovery of timber in Germany", *Resources, Conservation and Recycling*, Vol. 178, n. 106101. Available at: https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.106101.

highlights how the convergence of multidisciplinary research and specific industrial needs can generate highly effective and replicable solutions. The integration of expertise in parametric information modelling and digitalisation of the timber supply chain has enabled the resolution of complex design and manufacturing challenges, transforming academic innovation into a structured system implementable at an industrial scale. The synergy between academia and industry extended beyond the mere application of advanced tools. It also redefined production practices, demonstrating how computational methodologies and digital strategies can reshape the relationship between efficiency, sustainability, and product quality. The industrial-scale adoption of the methodologies tested in the timber supply chain requires shared protocols that ensure interoperability between digital tools and manufacturing processes, promoting standardisation and adaptability across different production contexts. This transition must be supported by continuous skill development, training professionals capable of working at the intersection of parametric design, automation, and industrial production. The integration of advanced digital technologies can optimise process efficiency, ensuring greater sustainability and competitiveness in the sector.

Tupenaite, L., Kanapeckiene, L., Naimaviciene, J., Kaklauskas, A. and Gecys, T. (2023) "Timber construction as a solution to climate change: a systematic literature review", *Buildings*, Vol. 13, n. 4, p. 976. Available at: https://doi.org/10.3390/buildings13040976.

Wagner, H.J., Alvarez, M., Groenewolt, A. *et al.* (2020), "Towards digital automation flexibility in large-scale timber construction: integrative robotic prefabrication and co-design of the BUGA wood pavilion", *Construction Robotics*, Vol. 4, pp. 187–204. Available at: https://doi.org/10.1007/s41693-020-00038-5.

Yu, B. and Fingrut, A. (2022), "Sustainable building design (SBD) with reclaimed wood library constructed in collaboration with 3D scanning technology in the UK", *Resources, Conservation and Recycling*, Vol. 186, n. 106566. Available at: https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2022.106566.

Zhang, Y., Meina, A., Lin, X., Zhang, K. and Xu, Z. (2021), "Digital twin in computational design and robotic construction of wooden architecture", *Advances in Civil Engineering*, 2021, n. 8898997. Available at: https://doi.org/10.1155/2021/8898997.

Trasferimento di conoscenze e co-produzione per l'adozione di soluzioni *Bio-based* nell'edilizia

Fernanda Speciale[1], https://orcid.org/0000-0001-6844-9785 fernanda.speciale@polimi.it
Hector Archila[2], https://orcid.org/0000-0001-5455-8016 Hector.Archila@uwe.ac.uk
Laura Elisabetta Malighetti[1], https://orcid.org/0000-0003-1964-8934 laura.malighetti@polimi.it
[1] Dipartimento di Architettura, Ingegneria delle Costruzioni e Ambiente Costruito, Politecnico di Milano, Italia
[2] Faculty of Environment and Technology, University of the West of England, United Kingdom

Abstract. Il contributo esplora il processo di interazione tra i diversi attori nell'ambito del progetto SmartBioC, sviluppato dall'UWE (Bristol) in collaborazione con il Politecnico di Milano, come esempio di trasferimento tecnologico per promuovere l'uso di materiali *bio-based* nell'edilizia sostenibile. Attraverso un approccio partecipativo, il progetto ha coinvolto oltre 50 *stakeholder*, tra cui accademici, professionisti, imprenditori edili, policymakers e utenti finali, mediante *workshop* interattivi e strumenti ludici. I risultati evidenziano una maggiore consapevolezza nell'uso dei materiali *bio-based*, nuove reti tra ricerca e industria e strumenti decisionali innovativi, contribuendo agli obiettivi del trasferimento di conoscenze e di terza missione.

Parole chiave: Trasferimento tecnologico; Materiali *bio-based*; Processi partecipativi; Analisi multi criteriale.

Introduzione

Il settore delle costruzioni rappresenta uno dei principali responsabili dell'attuale crisi climatica, contribuendo per il 36% al consumo energetico globale e per il 39% alle emissioni di CO_2 legate all'energia (UN Environment and International Energy Agency, 2017) .

Per anni l'attenzione è stata rivolta alla riduzione delle emissioni operative attraverso strategie di efficienza energetica e fonti rinnovabili. Tuttavia, studi recenti evidenziano la necessità di un approccio più ampio, considerando le emissioni incorporate lungo l'intero ciclo di vita degli edifici, derivanti da produzione, trasporto e costruzione dei materiali (Passer *et al*., 2019; Röck *et al*., 2020). Per tale motivo, la Commissione Europea ha sottolineato l'urgenza di pratiche costruttive più efficienti nell'uso delle risorse, contrastando le tendenze allarmanti di estrazione e consumo di materiali (United Nations Environment Programme, 2019). In risposta a queste sfide, il settore delle costruzioni sta gradualmente adottando materiali a basso impatto, capaci di supportare gli obiettivi di decarbonizzazione, nonché sostenibili, adattando le esigenze umane ai limiti ecologici del pianeta, privilegiando la disponibilità locale e riducendo la dipendenza da materiali ad alto impatto ambientale. L'investimento in filiere locali basate su materiali con capacità di stoccaggio del carbonio può giocare un ruolo chiave nel raggiungimento della neutralità climatica, promuovendo anche modelli economici e sociali più resilienti e sostenibili (Boelen, Dos Reis Martins and Dumoncel d'Argence, 2023). La complessità dei processi decisionali nel settore edilizio richiede dunque un approccio olistico capace di integrare parametri ambientali, economici e sociali già nelle prime fasi della progettazione, nonché di gestire la complessità degli attori coinvolti nel processo progettuale.

In questo contesto, i materiali da costruzione *bio-based* stanno suscitando un crescente interesse per i loro numerosi vantaggi ambientali, tra cui l'uso di risorse biogeniche, la capacità di stoccaggio del carbonio e la riduzione delle emissioni di gas serra, oltre al miglioramento della qualità degli ambienti interni (Weiss *et al*., 2012).

Nonostante i significativi progressi nello sviluppo di materiali biogenici a basso impatto, la loro diffusione nel settore edilizio rimane limitata, evidenziando una netta dicotomia tra l'avanzamento scientifico e l'applicazione concreta. Mentre in ambito accademico e sperimentale emergono soluzioni innovative con

Knowledge Transfer and Co-Production for the Adoption of Bio-Based Solutions in Construction

Abstract. This paper explores the process of interaction among various stakeholders within the SmartBioC project, developed by UWE (Bristol) in collaboration with the Politecnico di Milano, as an example of technology transfer to promote the use of bio-based materials in sustainable construction. Through a participatory approach, the project engaged over 50 stakeholders through interactive workshops and gamification tools, including academics, professionals, construction entrepreneurs, policymakers, and end users. The results highlight increased awareness, new networks between research and industry, and innovative decision-making tools, contributing to the objectives of knowledge transfer and Third Mission.

Keywords: Technological Transfer; Bio-based Materials; Participatory Process; Multi-criteria Analysis.

Introduction

The construction sector is one of the primary contributors to the current climate crisis, accounting for 36% of global energy consumption and 39% of CO_2 emissions related to energy use (UN Environment and International Energy Agency, 2017).

For years, attention has been focused on reducing operational emissions through energy efficiency strategies and renewable sources. However, recent studies highlight the need for a broader approach considering embodied emissions throughout the entire building lifecycle, including material production, transportation, and construction (Passer *et al*., 2019; Röck *et al*., 2020). In this regard, the European Commission has emphasised the urgency of more resource-efficient construction practices, countering alarming trends in material extraction and consumption (United Nations Environment Programme, 2019). In response to these challenges, the construction sector is gradually adopting low impact materials that can support decarbonisation goals. These materials are also regenerative, aligning human needs with the planet's ecological limits by prioritising local availability and reducing dependence on high impact materials. Investing in local supply chains based on carbon-storing materials can be crucial in achieving climate neutrality. Such initiatives also promote more resilient and sustainable economic and social models (Boelen, Dos Reis Martins and Dumoncel d'Argence, 2023). Thus, the complexity of decision-making processes in the construction sector requires a holistic approach that integrates environmental, economic, and social parameters from the early design phases, while

ISSN online: 2239-0243 | © 2025 Author(s) | http://www.fupress.com/techne | DOI: 10.36253/techne-17402
Open access, peer-reviewed article published by Firenze University Press (https://www.fupress.com) and distributed, except where otherwise noted, under the terms of the CC BY 4.0 License for content and CC0 1.0 Universal for metadata

elevate prestazioni e ridotto impatto ambientale, l'industria edilizia continua a fare ampio uso di materiali tradizionali, spesso ad alta intensità di carbonio. Le cause di questa riluttanza sono molteplici e interconnesse, come il costo, talvolta superiore, di queste soluzioni emergenti, dovuto alla mancanza di una produzione su scala industriale che ne riduce la competitività economica rispetto ai materiali convenzionali (Göswein *et al*., 2022). Un altro limite è l'assenza di certificazioni specifiche e di normative standardizzate, rendendo l'integrazione di nuovi materiali nei progetti edilizi più complessa a causa dei necessari test di certificazione secondo norme sviluppate per materiali fossili (Vrins, 2018; Koster *et al*., 2020). Ad essi si aggiunge il limitato aggiornamento dei professionisti del settore e la predominanza di pratiche consolidate che contribuiscono a creare un clima di incertezza e scarsa fiducia nei confronti delle soluzioni biogeniche innovative, nonché un pregiudizio legato alla percezione di questi materiali come meno durevoli o performanti rispetto alle alternative convenzionali (Rabbat *et al*., 2022).

Per superare queste barriere, è fondamentale un processo strutturato di trasferimento tecnologico e di diffusione della conoscenza, che parta dalla formazione accademica per poi coinvolgere i diversi attori della filiera edilizia. Le università svolgono un ruolo cruciale di catalizzatori e mediatori tra ricerca, industria e società, promuovendo l'adozione di soluzioni sostenibili attraverso attività di divulgazione, collaborazione con le imprese, aggiornamento professionale e sviluppo di strumenti normativi adeguati.

In tal senso, il trasferimento di conoscenze e la co-produzione rappresentano pilastri fondamentali delle strategie di innovazione nell'ambito della Terza Missione delle Università, configurandosi come strumenti privilegiati per la valorizzazione della ricerca scientifica e il rafforzamento delle sinergie tra accademia, industria e società (De Saint Mihiel, 2019). Tale approccio si innesta in una visione più ampia che riconosce alla conoscenza un valore strategico per la competitività del tessuto produttivo e per la sostenibilità dello sviluppo economico e sociale.

La crescente complessità del settore edilizio, caratterizzato da una frattura tra la rigidità dei processi produttivi e l'aleatorietà delle dinamiche ambientali e socioeconomiche, impone un ripensamento delle strategie di trasferimento tecnologico (Losasso, 2014). L'innovazione nel settore delle costruzioni non può limitarsi all'introduzione di nuove tecnologie, ma deve includere una dimensione cognitiva e organizzativa capace di integrare saperi disciplinari diversi e promuovere la co-creazione di conoscenza tra università, imprese e *policy makers*. Il trasferimento tecnologico non si configura più come un processo lineare, bensì come un ecosistema di interazioni iterative e multidirezionali, dove la ricerca applicata si intreccia con sperimentazioni di progettazione partecipata (Bornmann, 2013).

L'istituzione di Distretti Tecnologici e l'avvio di partenariati pubblico-privati sono esempi emblematici di come il trasferimento di conoscenze possa tradursi in una leva per la crescita territoriale, favorendo la creazione di reti collaborative e l'accelerazione dell'adozione di soluzioni tecnologiche innovative (Claudi De Saint Mihiel, 2024).

In questo contesto si inserisce il progetto *SmartBioC*[1], sviluppato dall'*University of the West of England* (UWE) di Bristol in collaborazione con il Politecnico di Milano, come esempio paradigmatico di trasferimento di conoscenze nel campo dell'edilizia sostenibile. Il progetto ha adottato un approccio meto-

managing the diverse actors involved in the design process.

In this context, bio-based construction materials are gaining increasing interest for their numerous environmental benefits, including the use of biogenic resources, carbon storage capacity, reduction of greenhouse gas emissions, and the improvement of indoor environmental quality (Weiss *et al*., 2012).

Despite significant advancements in developing low impact biogenic materials, their widespread adoption in the construction sector remains limited, revealing a distinct gap between scientific progress and practical application. While innovative solutions with high performance and reduced environmental impact emerge in academic and experimental settings, the construction industry continues to predominantly use traditional, often carbon-intensive, materials. Multiple interconnected factors contribute to this reluctance. One major barrier is cost, as emerging solutions can be more expensive due to the lack of industrial-scale production, reducing their economic competitiveness compared to conventional materials (Göswein *et al*., 2022). Another barrier is the lack of specific certifications and standardised regulations, which complicates the integration of these materials into construction projects, as they require rigorous testing under standards developed for fossil-based materials (Vrins, 2018; Koster *et al*., 2020). Further obstacles include the limited awareness among industry professionals and the dominance of established practices, which create uncertainty and distrust towards innovative biogenic solutions. Moreover, there is a persistent bias in perceiving these materials as less durable or efficient than conventional alternatives (Rabbat *et al*., 2022).

To overcome these barriers, a structured process of technology transfer and knowledge dissemination is essential, beginning with academic education and extending to various actors in the construction industry. Universities play a crucial role as catalysts and mediators between research, industry, and society, promoting the adoption of sustainable solutions through dissemination activities, collaboration with businesses, professional training, and the development of appropriate regulatory tools.

In this sense, knowledge transfer and co-production are fundamental pillars of innovation strategies within the Third Mission of universities, serving as key tools for enhancing scientific research and strengthening synergies between academia, industry, and society (De Saint Mihiel, 2019). This approach aligns with a broader vision that recognises knowledge as a strategic asset for the competitiveness of the production system and the sustainability of economic and social development.

The increasing complexity of the construction sector, characterised by a divide between the rigidity of production processes and the unpredictability of environmental and socio-economic dynamics, necessitates rethinking of technology transfer strategies (Losasso, 2014). Innovation in the construction sector should not be limited to introducing new technologies but should also include a cognitive and organisational dimension capable of integrating different disciplinary knowledge and promoting co-creation between universities, businesses, and policymakers. In this framework,

dologico innovativo, basato su *workshop* interattivi e strumenti ludici, coinvolgendo oltre 50 *stakeholder* tra ricercatori, progettisti, produttori di materiali e *policy maker*.
La ricerca si è posta l'obiettivo di ascoltare, discutere e registrare i punti di vista e le esperienze di un gruppo eterogeneo di attori del settore edilizio, creando uno spazio di confronto in cui ispirare e condividere conoscenze partendo dal tema: «How to speed up the uptake of biobased building solutions to provide zero-carbon, healthy, and socially and economically viable solutions for the built environment?». Un elemento chiave è stato il trasferimento dell'approccio metodologico e dei risultati scientifici ottenuti nei mesi di ricerca precedenti la giornata di studio, per evidenziare i benefici di soluzioni *bio-based* e promuoverne l'adozione diffusa, facilitando l'incontro tra innovazione e applicazione pratica. Parallelamente, il progetto ha mirato alla costruzione di reti collaborative, stimolando una partecipazione attiva e sostenibile nel tempo e generando azioni concrete, traducibili in un "libro bianco" che delinei i fattori abilitanti per la transizione del settore verso un futuro a zero emissioni di carbonio.
I risultati ottenuti dimostrano che processi partecipativi strutturati non solo rafforzano la consapevolezza collettiva sulle potenzialità delle soluzioni *bio-based*, ma possono generare strumenti decisionali innovativi, evidenziando come un trasferimento tecnologico efficace, basato sulla collaborazione multi-attoriale, sia un elemento strategico per accelerare la transizione ecologica, rendendola più inclusiva e resiliente.

Metodologia

La selezione degli *stakeholder* ha incluso attori pubblici e privati, tra cui accademici, studenti, professionisti nell'industria dei materiali da costruzione, imprenditori edili, consulenti, autorità locali, *policymaker* e associazioni. Tale pluralità ha consentito di affrontare le complesse sfide della transizione verso un'edilizia sostenibile e inclusiva, garantendo l'equilibrio tra i diversi interessi rappresentati. In linea con gli obiettivi della "Missione 4" del PNRR, che promuove processi di coinvolgimento diretto, gli attori hanno preso parte all'evento organizzato presso il *Frenchay Campus* della UWE nel luglio 2024, articolato in una giornata che ha alternato la presentazione della ricerca *SmartBioC* tramite risultati e applicazioni dimostrative, la condivisione di processi virtuosi, raccontati direttamente dai protagonisti, e una serie di attività mirate a favorire l'interazione e lo sviluppo condiviso di conoscenze. Tra queste, tre *workshop* sulla valutazione strategica dei materiali edili hanno permesso ai partecipanti di analizzarne gli aspetti ambientali, sociali, umani, produttivi e finanziari, sul modello teorizzato da J. Porritt (Porritt, 2012), generando *output* condivisi tramite *moodboard*, questionari digitali e *simulation game*. La metodologia si è avvalsa della raccolta di *feedback* sia direttamente durante l'evento, che tramite questionari somministrati successivamente a una comunità più ampia.

Selezione ed eterogeneità degli attori coinvolti

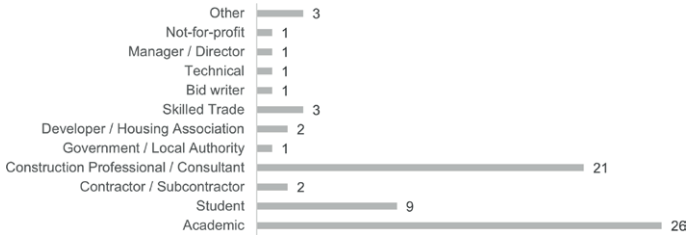
Il successo dell'iniziativa di trasferimento tecnologico dipende in larga misura dalla selezione e dalla diversità degli attori. Per garantire un dibattito ricco e stimolante, sono stati coinvolti *stakeholder* appartenenti a 12 categorie del settore delle costruzioni nel Regno Unito, come illustrato in Fig. 1. Gli inviti sono stati spediti via email e accompagnati da un questionario di registrazione che permetteva di raccogliere informazioni sui partecipanti.

technology transfer is no longer a linear process but rather an ecosystem of iterative and multidirectional interactions, where applied research intertwines with participatory experimentation (Bornmann, 2013).
The establishment of Technology Districts and the launch of public-private partnerships are emblematic examples of how knowledge transfer can serve as a lever for territorial growth, fostering the creation of collaborative networks and accelerating the adoption of innovative technological solutions (Claudi De Saint Mihiel, 2024).
Within this framework, the *SmartBioC*[1] project, developed by the University of the West of England (UWE) in Bristol in collaboration with the Politecnico di Milano, is a paradigmatic example of knowledge transfer and co-production in sustainable construction. The project employed an innovative methodological approach based on interactive workshops and gamification tools, engaging over 50 stakeholders, including researchers, designers, material manufacturers, and policymakers. The research aimed to listen, discuss, and record the perspectives and experiences of a diverse group of construction sector stakeholders, creating a space for knowledge sharing based on the question: *«How to speed up the uptake of bio-based building solutions to provide zero-carbon, healthy, and socially and economically viable solutions for the built environment?»*. A key element was the transfer of methodological approaches and scientific results obtained in previous research phases to highlight the benefits of bio-based solutions and promote their widespread adoption. Parallelly, the project aimed at building collaborative networks, fostering active and sustainable participation over time. Another key objective was to generate concrete actions, culminating in a white paper outlining the enabling factors for the sector's transition toward a net-zero carbon future.
The results demonstrate that structured participatory processes strengthen collective awareness of the potential of bio-based solutions and generate innovative decision-making tools. Furthermore, they highlight how effective technology transfer, based on co-creation and multi-stakeholder collaboration, is a strategic element in accelerating the ecological transition in the construction sector, making it more inclusive and resilient.

Methodology

The selection of stakeholders included public and private actors, such as academics, students, professionals in the construction materials industry, building entrepreneurs, consultants, local authorities, policymakers, and associations. This diversity addressed the complex challenges of transitioning to a regenerative and inclusive built environment, while balancing the various represented interests. In line with the objectives of "Mission 4" of the Italian National Recovery and Resilience Plan (PNRR), which promotes direct engagement processes, stakeholders participated in an event organised at UWE's Frenchay Campus in July 2024. The event was structured as a full day session, alternating between the presentation of the SmartBioC research, through results and demonstrative applications, the sharing of best practices directly from key industry players, and a series of activities designed to foster interaction and knowledge co-production. Among these, three workshops

01| Numero di partecipanti per tipologia che hanno preso parte all'evento
Number of participants by type who took part in the event



| 01

02| Schema della scaletta dell'evento, composto da presentazioni, attività di gruppo, dimostrazioni e discussione finale
Outline of the event schedule, consisting of presentations, group activities, demonstrations, and final discussion

Nel giorno dell'evento, la struttura dei tavoli di lavoro è stata attentamente organizzata per massimizzare il confronto interdisciplinare. Durante la registrazione iniziale, ai partecipanti è stato assegnato un colore corrispondente a un tavolo, con l'obiettivo di garantire gruppi eterogenei composti da 5-7 persone. Questa scelta ha favorito una discussione diversificata, arricchita dall'interazione tra professionalità e *background* differenti, con il fine ultimo di stimolare il dialogo su opportunità e criticità legate all'adozione di materiali sostenibili nel settore edilizio.

Organizzazione dell'evento

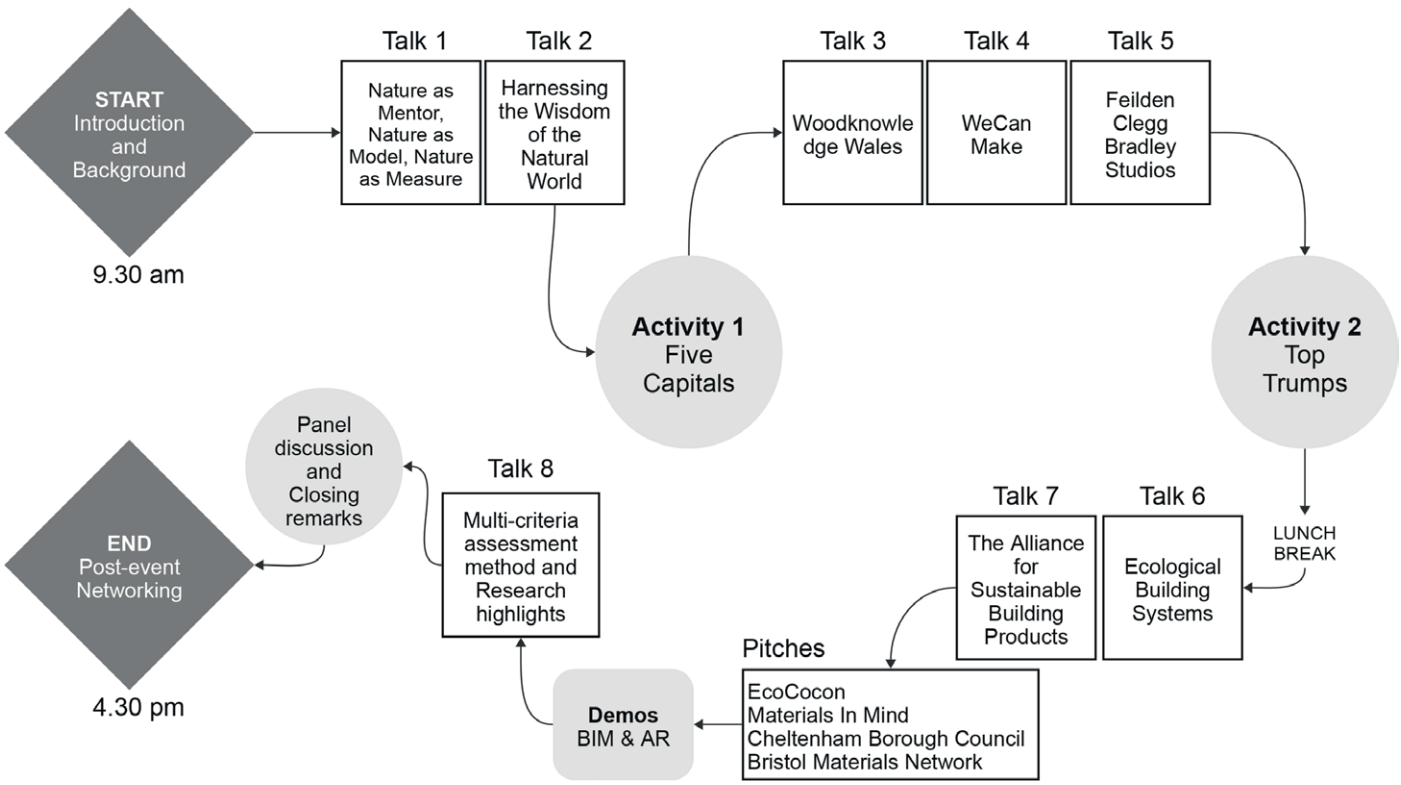
L'evento "Bio-minded society for net-zero carbon construction" è stato il risultato di una collaborazione internazionale tra la UWE di Bristol e il Politecnico di Milano, sviluppata nell'arco di oltre tre mesi grazie a un programma di *visiting* PhD. L'organizzazione ha coinvolto un *team* multidisciplinare di studenti e ricercatori, selezionati per supportare la gestione dell'evento e la produzione dei materiali. Le competenze spaziano dal *design* e grafica al *Building Information Modeling* (BIM), dall'analisi ambientale alla realtà virtuale e aumentata, fino alla progettazione tecnica. A supervisionare il processo e a coordinare gli aspetti burocratici e logistici è stato il Dr. Hector Archila, referente scientifico del progetto.

La strutturazione dell'evento ha seguito una scaletta precisa, bilanciando momenti di presentazione, interazione e discussione (Fig. 2). La giornata si è articolata alternando tre tipologie di attività principali:

– presentazioni tematiche, con otto contributi tra architetti, *developer*, ricercatori e accademici, produttori di materiali e rappresentanti di associazioni di settore;
– dimostrazioni interattive, in cui sono stati illustrati i primi risultati della ricerca e i modelli di materiali *bio-based*. In particolare, l'esposizione di modelli in scala 1:1 e di campioni reali di materiali ha permesso ai partecipanti di sperimentare direttamente le potenzialità delle soluzioni analizzate;
– attività di gruppo e confronto finale, durante le quali gli *stakeholder* hanno avuto l'opportunità di condividere riflessioni e di formulare proposte concrete per favorire l'adozione dei materiali *bio-based* nel settore delle costruzioni.

Un aspetto innovativo è stato l'uso di strumenti ludici per facilitare il trasferimento delle conoscenze. A fine evento, è stata distribuita una *brochure* contenente il gioco di carte utilizzato durante i *workshop*, permettendo ai partecipanti di replicare l'esperienza all'interno dei propri contesti lavorativi. Infine,

02 |



il coinvolgimento attivo dei partecipanti è stato misurato attraverso una sessione di *feedback* interattivo sulla piattaforma *mentimeter*, che ha consentito di raccogliere impressioni sulla giornata in tempo reale e di evidenziare il valore dell'approccio partecipativo adottato.

Coinvolgimento tramite attività di Gaming
L'approccio a tematiche relative alla sostenibilità attraverso *Gamification* rappresenta un potente strumento per facilitare il trasferimento di conoscenze, stimolare la riflessione critica e favorire il coinvolgimento attivo degli *stakeholder* nei processi di apprendimento e innovazione. Questo metodo non solo rende più accessibili e comprensibili i temi complessi, ma permette anche ai partecipanti di elaborare in modo autonomo i contenuti, facilitando la costruzione di nuove conoscenze attraverso l'interazione (Kapp, 2012).
Questo aspetto si è rivelato particolarmente efficace nelle attività di coinvolgimento degli *stakeholder*, dove l'uso di giochi di carte è stato impiegato per sensibilizzare sugli impatti dei materiali *bio-based* nell'edilizia. Il gioco "SmartBioC Top Trumps" ha permesso di condividere informazioni complesse sulle prestazioni e i vantaggi dei materiali *bio-based* attraverso un approccio ludico e interattivo, generando un dibattito costruttivo tra i diversi giocatori. Le carte hanno funzionato come strumenti di facilitazione, incoraggiando il confronto tra i diversi attori e portandoli non solo a riflettere sulle implicazioni delle loro scelte, ma anche a diventare a loro volta divulgatori stimolando cambiamenti di comportamento. L'elevato interesse suscitato da queste dinamiche ha spinto molti partecipanti a voler conservare le carte per introdurre il tema nei rispettivi contesti di lavoro, amplificando così la portata della diffusione della conoscenza ben oltre l'ambito dell'evento.

Risultati

I risultati preliminari evidenziano un aumento della consapevolezza tra i partecipanti sui benefici dei materiali *bio-based* e la creazione di nuove *partnership* tra industria e accademia, in linea con le metriche di trasferimento di conoscenza definite dall'UE, dimostrando il ruolo centrale delle Università come intermediari tra innovazione e società e contribuendo alla generazione di impatti misurabili su scala ambientale, sociale ed economica.

Attività svolte durante l'evento
Attività 1: I cinque capitali
Per affrontare le sfide legate alla sostenibilità edilizia è fondamentale adottare strumenti operativi che integrino criteri di valutazione multidisciplinari, comprendenti aspetti sociali, economici, ambientali, tecnici e umani. I modelli di analisi multi-criterio (MCDA) offrono un approccio strutturato per supportare la selezione dei materiali nelle fasi iniziali della progettazione, permettendo di bilanciare vantaggi e criticità per soluzioni su misura alle esigenze territoriali (Greco, Ehrgott and Figueira, 2016). Uno degli obiettivi principali della ricerca è stato quello di sensibilizzare su questo tema in modo facile, interattivo e coinvolgente, trasmettendo in modo semplice questioni complesse che richiedono un approccio olistico.
Nella prima sessione interattiva i partecipanti hanno compilato dei sondaggi per classificare i cinque capitali (ambientale, so-

on the strategic assessment of building materials allowed participants to analyse their natural, social, human, manufactured, and financial aspects, based on the model theorised by J. Porritt (Porritt, 2012), generating shared outputs through mood boards, digital questionnaires, and interactive games. The methodology incorporated real-time feedback collection during the event and follow-up questionnaires distributed to a broader community.

Stakeholders' Selection and Heterogeneity
The success of the technology transfer initiative largely depended on the selection and diversity of the involved actors. A targeted selection of stakeholders from 12 different categories within the UK construction sector was carried out to ensure a rich and stimulating debate (Fig. 1). Invitations were sent via email and accompanied by a registration form that collected participants' information.
On the day of the event, the structure of the working tables was carefully organised to maximise interdisciplinary discussion. During registration, participants were assigned a colour corresponding to a specific table, ensuring the formation of diverse groups composed of 5-7 people. This choice fostered diversified discussions, enriched by interactions between professionals with different backgrounds, ultimately stimulating dialogue on opportunities and challenges related to adopting sustainable materials in construction.

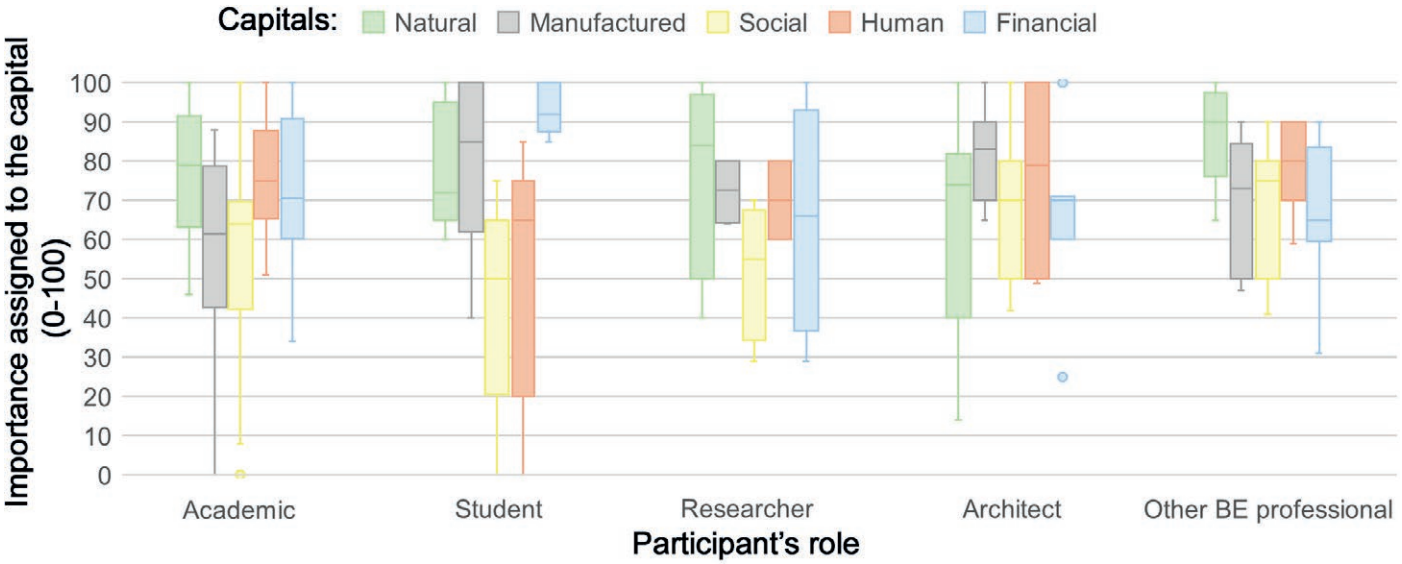
Event Organisation
The event, "Bio-minded society for net-zero carbon construction", resulted from an international collaboration between UWE Bristol and Politecnico di Milano, developed over more than three months through a visiting PhD programme. The organisation involved a multidisciplinary team of students and researchers selected to support event management and material production. Their expertise ranged from design and graphics to Building Information Modelling (BIM), environmental analysis, virtual and augmented reality, and technical design.
Dr. Hector Archila, the project's scientific lead, supervised the process and coordinated the bureaucratic and logistical aspects. The event's structure followed a precise schedule, balancing moments of presentation, interaction, and discussion (Fig. 2). The day was structured around three main activities:
– Thematic presentations featuring eight contributions from architects, developers, researchers, academics, material producers, and industry association representatives.
– Interactive demonstrations showcasing the initial research findings and bio-based material models. The exhibition of 1:1 scale models and real material samples allowed participants to experience firsthand the potential of the analysed solutions.
– Group activities and final discussions, where stakeholders shared insights and formulated concrete proposals to foster the adoption of bio-based materials in the construction sector.

An innovative aspect of the event was using gamification tools to facilitate knowledge transfer. At the end of the event, a brochure containing the card game used during the workshops was distributed, allowing participants to replicate the experience in their professional contexts.
Finally, active participation was meas-

03| Sintesi dei risultati dell'attività 1 sui cinque capitali, divisi per ruolo. Ad ogni partecipante è stato chiesto di valutare l'importanza di ciascun capitale nel proprio processo decisionale riguardo alla selezione dei materiali da costruzione, attribuendo un punteggio da 0 a 100. I box colorati rappresentano il range interquartile (dal 25° al 75° percentile), ovvero l'intervallo entro cui si concentra la maggioranza delle risposte. Le linee verticali (baffi) indicano invece l'intero intervallo delle risposte (dal valore minimo al massimo, escludendo gli *outlier*). I punti esterni rappresentano eventuali valori anomali

Summary of the results from Activity 1 on the five capitals, grouped by participant role. Each participant was asked to rate the importance of each capital in their decision-making process related to construction materials selection, assigning a score from 0 to 100. The coloured boxes represent the interquartile range (from the 25th to the 75th percentile), where the majority of responses are concentrated. The vertical lines (whiskers) show the full range of responses, from minimum to maximum values, excluding outliers. Dots outside the whiskers represent potential outliers

03 |



ciale, umano, manifatturiero, finanziario) (Porritt, 2012) secondo le priorità assegnate nella scelta dei materiali da costruzione. Questa attività ha incoraggiato i partecipanti a considerare un approccio alla sostenibilità che integra valori ambientali, sociali ed economici e ad apprezzare la diversità di opinioni tra gli attori in relazione al ruolo e al *background*.

Le informazioni sono state poi riportate su *moodboard* che riflettono le conclusioni raggiunte da ciascun gruppo, oltre ad un questionario online che ha interrogato i partecipanti in diretta sull'importanza attribuita a ciascun criterio nella scelta del materiale (da 0 a 100), riportati nella Fig. 3, dove i box colorati rappresentano l'intervallo entro cui si concentra la maggioranza delle risposte suddivise per ruolo del partecipante.

Per tradurre ulteriormente la complessità e l'interconnessione di questi criteri, l'attività successiva è stata strutturata per gruppo attorno a un cartellone suddiviso in queste cinque aree e che ha permesso di raccogliere le diverse prospettive emerse mediante l'uso di post-it, facilitando il confronto tra *stakeholder* provenienti da ambiti differenti. I principali temi emersi sono di seguito elencati per capitale.

ured through an interactive feedback session using the Mentimeter platform, which enabled the real-time collection of impressions about the day and highlighted the value of the participatory approach adopted.

Engagement Through Gamification

Approaching sustainable topics through gamification is a powerful tool for facilitating knowledge transfer, stimulating critical reflection, and fostering active stakeholder engagement in learning and innovation processes. This method not only makes complex topics more accessible and understandable but also allows participants to process content autonomously, fostering knowledge-building through interaction (Kapp, 2012).

This approach proved particularly effective in stakeholder engagement activities, where card games stimulated discussions about the impacts of bio-based materials in construction.

The SmartBioC Top Trumps game allowed the sharing of complex information about the performance and benefits of bio-based materials through a playful and interactive approach, sparking debate among participants. The cards functioned as facilitation tools, encouraging exchanges between different actors and prompting them to reflect on their choices and to become knowledge disseminators themselves. The high level of interest generated by these dynamics led many participants to keep the cards for further discussion in their workplaces, amplifying the dissemination of knowledge far beyond the scope of the event.

Results

Preliminary findings highlight an increase in participants' awareness of the benefits of bio-based materials and the establishment of new partnerships between industry and academia. This aligns with the EU's knowledge transfer metrics, demonstrating the pivotal role of universities as intermediaries between innovation and society, and contributing to generating measurable environmental, social, and economic impacts.

Activities Conducted During the Event

Activity 1: The Five Capitals

Addressing the challenges of sustainable construction requires adopting operational tools that integrate multidisciplinary evaluation criteria, encompassing social, economic, environmental, technical, and human aspects. Multi-criteria decision analysis (MCDA) models offer a structured approach to supporting material selection in the early design stages, allowing to balance advantages and critical aspects to develop tailored solutions for specific territorial needs (Greco, Ehrgott and Figueira, 2016). One of the key objectives of the research was to raise awareness of this topic in an accessible, interactive, and engaging way, simplifying the understanding of complex issues requiring a holistic approach.

In the first interactive session, participants filled out surveys to rank the Five Capitals (natural, social, human, manufactured, and financial) (Porritt, 2012) according to propriety in the construction materials selection. This activity encouraged them to consider an approach to sustainability, integrating environmental, social, and economic values while discussing the efficiency and holistic effects of the sector. It also fostered appreciation for the diversity of opinions among stakeholders based on their roles and backgrounds.

– Capitale Ambientale: l'attenzione alla sostenibilità dei materiali è emersa come un criterio imprescindibile nella scelta progettuale. Tra i temi più discussi vi è stata la necessità di privilegiare risorse rigenerabili e a basso impatto ambientale, con particolare riferimento alla sequestro del carbonio e all'uso di materiali *bio-based*. È stata inoltre sottolineata la crescente importanza della disponibilità locale delle materie prime, così da ridurre l'impatto legato ai trasporti;
– Capitale Sociale: l'impatto sociale dei materiali è stato riconosciuto come un fattore di grande complessità, che coinvolge una pluralità di attori e dinamiche spesso difficili da governare. Tra le principali riflessioni emerse vi è la necessità di promuovere l'occupazione locale, incentivando l'uso di materiali prodotti o lavorati all'interno della comunità. Inoltre, si è discusso del ruolo dell'etica del lavoro, della resilienza delle filiere di approvvigionamento e delle potenzialità offerte dall'economia circolare, nonché dell'importanza della formazione e trasmissione delle competenze tradizionali come veicolo per l'innovazione;
– Capitale Finanziario: le valutazioni economiche si sono concentrate sull'equilibrio tra costi iniziali e benefici a lungo termine, evidenziando come un investimento maggiore nella fase iniziale possa essere giustificato dalla riduzione dei costi operativi e di manutenzione nel ciclo di vita dell'edificio. È stata inoltre discussa l'opportunità di sfruttare incentivi economici, come i crediti di carbonio, per rendere più conveniente l'adozione di materiali a basso impatto ambientale. È emersa la necessità di trovare un compromesso tra la sostenibilità economica delle scelte e le logiche del mercato, spesso orientate alla massimizzazione del profitto a breve termine;
– Capitale Umano: dal punto di vista umano, il benessere degli occupanti e la salubrità degli ambienti sono stati identificati come criteri prioritari nella selezione dei materiali. L'adozione di materiali non tossici, naturali e biocompatibili è stata riconosciuta come un elemento chiave per garantire la qualità della vita all'interno degli edifici. Inoltre, la riflessione si è estesa al concetto di design centrato sull'uomo, sottolineando come la scelta dei materiali possa influenzare non solo il comfort fisico, ma anche la percezione psicologica degli spazi abitativi;
– Capitale Manufatturiero: sul piano tecnico e produttivo, i partecipanti hanno evidenziato la necessità di trovare un equilibrio tra soluzioni innovative e certificazioni consolidate, sottolineando la sfida di integrare materiali sperimentali nel contesto normativo esistente. È stata inoltre discussa la durabilità e riutilizzabilità dei materiali, con particolare attenzione ai principi di *Design for Disassembly*, che consentono di prolungare il ciclo di vita dei componenti edilizi. Infine, è stata posta enfasi sulla localizzazione della produzione, evidenziando i vantaggi di un approvvigionamento a filiera corta in termini di sostenibilità ambientale e resilienza economica.

L'attività ha permesso di far emergere una visione integrata e multidimensionale della scelta dei materiali da costruzione, evidenziando come ogni capitale sia interconnesso agli altri. Il dibattito generato ha favorito una maggiore consapevolezza tra i partecipanti, fornendo spunti e permettendo di apprezzare punti di vista diversi degli attori coinvolti nel processo.

The gathered information was represented through mood boards reflecting each group's conclusions, alongside a live online questionnaire that asked participants to rate the importance of each criterion in material selection (on a scale from 0 to 100). Fig. 3 presents the range results, where the coloured boxes represent the range within which the majority of responses by participant role are concentrated.
To further illustrate the complexity and interconnectedness of these criteria, the subsequent activity was structured around a poster divided into these five areas, allowing participants to collect and organise different perspectives using post-it notes. This facilitated discussions among stakeholders from various sectors. The key themes that emerged are outlined below for each capital.
– Natural Capital: Sustainability in material selection emerged as a fundamental criterion in design choices. Key discussions included prioritising regenerative, low impact resources, particularly focusing on carbon sequestration and bio-based materials. The growing importance of local material availability was also emphasised to reduce transport-related impacts.
– Social Capital: The social impact of materials was recognised as a highly complex factor involving multiple stakeholders and often challenging dynamics. Key reflections included promoting local employment by encouraging the use of regionally sourced and processed materials. Discussions also covered work ethics, supply chain resilience, the potential of circular economy approaches, and the importance of training and preserving traditional skills as a vehicle for innovation.
– Financial Capital: Economic assessments focused on balancing upfront costs with long-term benefits, highlighting how higher initial investments can be justified by reduced operational and maintenance costs over a building's lifecycle. The possibility of leveraging financial incentives, such as carbon credits, was also discussed to enhance the affordability of low-impact materials. At the same time, participants recognised the need to find a compromise between economic sustainability and market-driven profit-maximisation strategies.
– Human Capital: From a human perspective, occupant well-being and indoor environmental quality were identified as priority criteria in material selection. Adopting non-toxic, natural, and biocompatible materials was considered crucial to ensuring quality of life in buildings. Discussions also extended to human-centred design, stressing how material choices influence not only physical comfort but also psychological perceptions of living spaces.
– Manufactured Capital: On a technical and production level, participants emphasised the need to balance innovative solutions with established certifications, highlighting the challenge of integrating experimental materials into existing regulatory frameworks. Discussions also covered material durability and reusability, focusing on Design for Disassembly principles, which extend the life cycle of building components. Lastly, the localisation of production was underscored, noting the advantages of short supply chains in terms of environmental sustainability and economic resilience.

04 | Esempi di carte del gioco Top Trumps distribuite durante l'attività 2 e istruzioni su come giocare
Examples of Top Trumps game cards dealt during Activity 2 and instructions on how to play

Attività 2: Top Trumps

Nella seconda attività, i partecipanti hanno preso parte a *SmartBioC's Top Trumps*, un gioco ideato per sensibilizzare sulle prestazioni dei materiali *bio-based* rispetto ai cinque capitali precedentemente analizzati. Attraverso un approccio ludico e competitivo, i giocatori hanno confrontato diverse soluzioni tecnologiche, valutandone le caratteristiche e il punteggio assegnato in base ai criteri di sostenibilità.

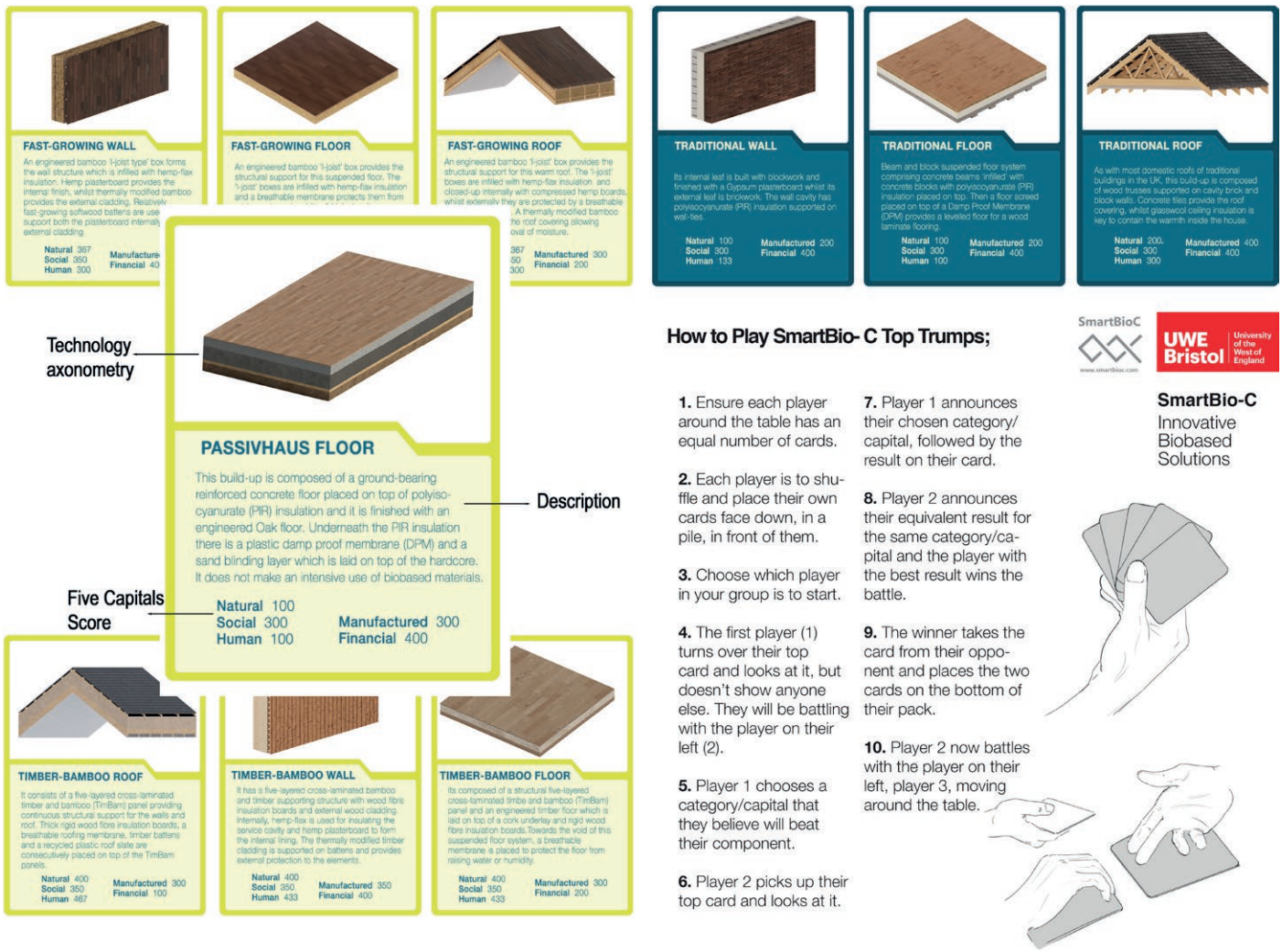
Durante il gioco, ogni partecipante ha ricevuto un mazzo di carte, ciascuna rappresentante la stratigrafia di una soluzione tecnologica *bio-based* con i punteggi assegnati per i cinque capitali (Fig. 4). A turno, i giocatori hanno scelto una categoria nella quale ritenevano di avere un punteggio vantaggioso rispetto all'avversario immediato. Il confronto diretto tra le carte ha stimolato il dibattito, portando i partecipanti a interrogarsi sulle motivazioni dietro ai punteggi assegnati e sulle implicazioni reali di ciascuna soluzione.

L'attività si è rivelata estremamente coinvolgente, generando discussioni critiche e spingendo i partecipanti a riflettere sulle *performance* dei materiali *bio-based* rispetto alle alternative convenzionali. Al termine del gioco, sono stati presentati i risultati della ricerca, illustrando le metodologie di valutazione adottate e i criteri di assegnazione dei punteggi. Questo momento conclusivo ha permesso di rispondere ai dubbi sollevati durante il confronto e di consolidare le conoscenze acquisite, offrendo una prospettiva più approfondita sui parametri applicati ai materiali innovativi.

Conclusioni e sviluppi futuri

Nel complesso, la giornata di studi "*Bio-minded*" ha raggiunto con successo i suoi obiettivi:

04 |



ispirare i partecipanti, condividere le conoscenze, trasferire i risultati della ricerca, promuovere la partecipazione della comunità e generare intuizioni attuabili per un futuro sostenibile. I risultati hanno incluso una maggiore comprensione dell'approccio dei cinque capitali, una crescente consapevolezza del potenziale delle soluzioni *bio-based* innovative e il rafforzamento delle reti per una collaborazione continua nel perseguimento di un'edilizia a zero emissioni di carbonio.

L'originalità della ricerca risiede nella diversificazione degli attori coinvolti e nell'uso di strumenti innovativi con l'applicazione di momenti di gioco a contesti e azioni legate alla sostenibilità che hanno stimolato il dibattito e la comprensione di concetti complessi. Inoltre, l'esposizione di modelli in scala 1:1 di sistemi di involucro edilizio e campioni di materiali *bio-based* ha reso tangibili le soluzioni analizzate.

L'evento è stato anche una prima occasione per testare il metodo di valutazione semplificato sviluppato per la scelta consapevole dei materiali da costruzione nelle fasi iniziali della progettazione, considerando criteri ambientali e sociali, oltre a quelli economici e tecnici. Un forte interesse è emerso da parte di alcuni attori, intenzionati ad applicare il metodo a casi studio reali, grazie anche alla sperimentazione attraverso il gioco di carte che ha favorito un coinvolgimento attivo, proseguendo il dibattito anche dopo l'evento. Inoltre, si è osservata un'evoluzione nel modo in cui i partecipanti hanno affrontato le problematiche presentate all'inizio dell'evento, dimostrando una maggiore consapevolezza progettuale e un superamento delle barriere di alcuni pregiudizi. Il format dell'evento, che unisce momenti di studio, strumenti partecipativi e attività ludiche, risulta facilmente replicabile in altri contesti territoriali e tematici. La sua struttura modulare permette di adattarlo a diversi stakeholder, offrendo un modello efficace e scalabile in altri contesti.

Infatti, nonostante il successo dell'evento, la partecipazione è stata limitata quasi esclusivamente ad attori provenienti dal Regno Unito. Per ampliare l'impatto della ricerca, verrà condotta un'analisi dei questionari somministrati a una comunità internazionale, favorendo un confronto più ampio. L'evento si è rivelato comunque una piattaforma efficace per connettere esperti e *stakeholder*, facilitando future collaborazioni e raccolta di *feedback*, permettendo di consolidare e perfezionare il processo di trasferimento tecnologico.

I principali destinatari della ricerca includono sviluppatori, progettisti, produttori, autorità locali e ricercatori del settore edilizio. Il trasferimento delle soluzioni pratiche e dei metodi di valutazione proposti mira a fornire strumenti decisionali applicabili nelle fasi iniziali della progettazione.

RICONOSCIMENTI

Gli autori desiderano ringraziare l'intero *team* di ricerca SmartbioC dell'UWE di Bristol per il lavoro svolto. In particolare, Dr. Rebecca Lashley, Dr. Lidia Badarnah e Dr. Clare Davidson per il loro contributo all'organizzazione dell'evento; Ei Htay, Salma Abdelrehim e Hamza Usman per il loro lavoro nello sviluppo di contenuti digitali utilizzando strumenti BIM e di realtà aumentata. Martin Bello Urbez per il suo contributo nello sviluppo del materiale grafico a supporto dell'evento.

NOTE

[1] https://www.smartbioc.com/

This activity helped reveal an integrated, multidimensional perspective on material selection, showing how each capital is interconnected with the others. The discussions enhanced participants' awareness, offering diverse insights based on the different actors involved in the process.

Activity 2: Top Trumps

In the second activity, participants engaged in SmartBioC's Top Trumps, a game designed to raise awareness of the performance of bio-based materials in the five previously analysed capitals. Through a playful and competitive approach, players compared different technological solutions, evaluating their characteristics and the scores assigned according to sustainability criteria.

During the game, each participant received a deck of cards, each representing a bio-based solution with specific scores assigned to the five capital categories (Fig. 4). In turns, players selected a category where they believed they had an advantageous score over their immediate opponent. The direct comparison between cards stimulated debate, prompting participants to question the reasoning behind the assigned scores and the real-world implications of each solution.

This activity proved highly engaging, sparking critical discussions and encouraging participants to reflect on the performance of bio-based materials compared to conventional alternatives. At the end of the game, the research findings were presented, illustrating the assessment methodologies and scoring criteria used. This concluding session addressed questions raised during the discussions and reinforced participants' understanding, providing a deeper perspective on the evaluation parameters applied to innovative materials.

Conclusions and Future Developments

Overall, the Bio-minded event successfully achieved its objectives, namely inspiring participants, sharing knowledge, transferring research outcomes, fostering community participation, and generating actionable insights for a sustainable future. The results included a deeper understanding of the Five Capitals approach, increased awareness of innovative bio-based solutions, and strengthened networks for ongoing collaboration toward net-zero carbon construction.

The originality of this research lies in the diversity of the stakeholders involved and the use of innovative, gamified tools that stimulated debate and enhanced the comprehension of complex concepts. Moreover, the exhibition of full-scale (1:1) models of building envelope solutions and samples of bio-based materials made the analysed solutions tangible.

The event also served as an initial testing ground for the simplified evaluation method developed for the conscious selection of construction materials in early design phases, considering environmental and social criteria alongside economic and technical factors. Significant interest emerged from certain stakeholders who were keen on applying this method to real-world case studies. The card game further encouraged active engagement, sustaining discussions beyond the event. Notably, participants' perspectives evolved throughout the day, demonstrating greater design awareness and overcoming some initial conceptual barriers.

The event format, which combines

REFERENCES

Boelen, J., Dos Reis Martins, M. and Dumoncel d'Argence, C. (2023), *Bioregional Design Practices*, Atelier Luma, available at: https://books.google.it/books?id=_3cD0AEACAAJ (Accessed on 14/05/2025).

Bornmann, L. (2013), "What is societal impact of research and how can it be assessed? A literature survey", *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, Vol. 64, n. 2, pp. 217-233, available at: https://doi.org/10.1002/asi.22803.

Claudi De Saint Mihiel, A. (2024), "Open innovation for the competitiveness of the construction sector", *TECHNE – Journal of Technology for Architecture and Environment*, (28), pp. 317–323, available at: https://doi.org/10.36253/techne-16564.

Claudi De Saint Mihiel, A. (2019), "The Third Mission between the innovative dimension and the public engagement function", *TECHNE – Journal of Technology for Architecture and Environment*, (18), pp. 341-344, available at: https://doi.org/10.13128/TECHNE-7550.

Göswein, V., Arehart, J., Phan-huy, C., Pomponi, F. and Habert, G. (2022), "Barriers and opportunities of fast-growing biobased material use in buildings", *Buildings and Cities*, Vol. 3, n. 1, pp. 745-755, available at: https://doi.org/10.5334/bc.254.

Greco, S., Ehrgott, M. and Figueira, J.R. (Eds.) (2016), *Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys*, International Series in Operations Research & Management Science, Springer, New York, NY, available at: https://doi.org/10.1007/978-1-4939-3094-4.

Kapp, K.M. (2012), *The Gamification of Learning and Instruction: Game-based Methods and Strategies for Training and Education*, Pfeiffer, San Francisco, CA.

Koster, M. and Schrotenboer, I. (2022), "Successful circular bio-based construction initiatives: five essentials from case studies", *Construction Technologies and Architecture*, Vol. 1, pp. 448-457, available at: https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/CTA.1.448.

moments of study, participatory tools, and playful activities, is easily replicable in other territorial and thematic contexts. Its modular structure allows it to be adapted to different stakeholders, offering an effective model that can be scaled up in other contexts.

Thus, despite the event's success, participation was predominantly limited to UK-based stakeholders. To broaden the research impact, a follow-up analysis will be conducted using questionnaires distributed to an international community, facilitating a wider comparison. Nonetheless, the event proved to be an effective platform for connecting experts and stakeholders, fostering future collaborations and collecting feedback to refine and strengthen the technology transfer process.

The primary beneficiaries of this research include developers, designers, manufacturers, local authorities, and construction sector researchers. The transfer of practical solutions and evaluation methods aims to provide decision-making tools applicable in early design phases.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors want to acknowledge the SmartbioC research team at UWE Bristol for their work. In particular, Dr. Rebecca Lashley, Dr. Lidia Badarnah, and Dr. Clare Davidson for their contribution to the event organisation. Ei Htay, Salma Abdelrehim, and Hamza Usman for their work in developing digital content using BIM and augmented reality tools. Finally, we acknowledge Martin Bello Urbez for contributing to developing graphic materials supporting the event.

NOTES

[1] https://www.smartbioc.com

Losasso, M. (2014), "Research, architectural design and knowledge transfer", *TECHNE – Journal of Technology for Architecture and Environment*, (8), pp. 8-12, available at: https://doi.org/10.13128/TECHNE-15050.

Passer, A., Habert, G., Kromp-Kolb, H., Lützkendorf, T. and Monsberger, M. (2019), "Transition Towards a Net Zero Carbon Built Environment", *International Journal of Life Cycle Assessment*, Vol. 24, n. 2, pp. 362-363, available at: https://doi.org/10.1007/s11367-018-1550-9.

Porritt, J. (2012), *Capitalism: As If the World Matters*, Earthscan, London, p. 360, available at: https://doi.org/10.4324/9781849770668.

Rabbat, C., Awad, S., Villot, A., Rollet, D. and Andrès, Y. (2022), "Sustainability of biomass-based insulation materials in buildings: Current status in France, end-of-life projections and energy recovery potentials", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 156, p. 111962, available at: https://doi.org/10.1016/j.rser.2021.111962.

Röck, M., Saade, M.R.M., Balouktsi, M., Rasmussen, F.N., Birgisdottir, H., Frischknecht, R., Habert, G., Lützkendorf, T. and Passer, A. (2020), "Embodied GHG emissions of buildings – The hidden challenge for effective climate change mitigation", *Applied Energy*, Vol. 258, p. 114107, available at: https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.114107.

UN Environment and International Energy Agency (2018), *Towards a Zero-Emission, Efficient, and Resilient Buildings and Construction Sector. Global Status Report 2017*, available at: https://globalabc.org/index.php/resources/publications/2017-global-status-report-buildings-and-construction (Accessed on 14/05/2025).

United Nations Environment Programme, I.R.P. (2019), *Global Resources Outlook 2019: Natural Resources for the Future We Want*, available at: https://wedocs.unep.org/20.500.11822/27517 (Accessed on 14/05/2025).

Vrins, M. (2018), *Standards and Regulations for the Bio-based Industry STAR4BBI – Report on Implementation for Creation of New or Revised Standards*, available at: https://www.star4bbi.eu/app/uploads/sites/11/2019/09/D3.3-Sustainability-Certification-for-all-Products_final.pdf (Accessed on 14/05/2025).

Weiss, M., Haufe, J., Carus, M., Brandão, M., Bringezu, S., Hermann, B. and Patel, M.K. (2012), "A Review of the Environmental Impacts of Biobased Materials", *Journal of Industrial Ecology*, Vol. 16, Suppl. 1, pp. S169–S181, available at: https://doi.org/10.1111/j.1530-9290.2012.00468.x.

Processi di manifattura additiva per sistemi di facciata a basso impatto ambientale

Just Accepted: May 26, 2025 **Published:** November 06, 2025

Rosa Romano, https://orcid.org/0000-0001-5134-4637 rosa.romano@unifi.it
Elisa Mazzoni, https://orcid.org/0009-0003-0679-4972 elisa.mazzoni1@unifi.it
Dipartimento di Architettura, Università di Firenze, Italia

Abstract. Il paper presenta alcuni dei risultati del progetto REVERSING finanziato dal bando PR-FESR della Regione Toscana 2021-2027 e finalizzato a sviluppare un sistema prefabbricato di facciata modulare e assemblato a secco da utilizzare per la riqualificazione energetica di edifici scolastici, ispirato dai dettami del design biofilico e realizzato con materiali a basso impatto ambientale attraverso processi di manifattura additiva. L'obiettivo è quello di dimostrare come sia possibile instaurare modelli positivi di trasferimento tecnologico *market oriented* nell'ambito delle filiere di stampa 3D, contribuendo in modo attivo alla creazione di nuove soluzioni di involucro capaci di rispondere alle mutevoli esigenze ed alle sfide in atto nel settore delle costruzioni.

Parole chiave: Manifattura Additiva; Materiali avanzati; Stampa 3D; Industria 5.0; Innovazione tecnologica.

Introduzione

A livello internazionale, il *Green Deal* (European Commission, 2019) e il *Next Generation Europe* (European Commission, 2020) costituiscono il principale quadro di riferimento normativo per il finanziamento della ricerca e dell'innovazione sostenibile. In linea con questi strumenti legislativi, i programmi *Horizon Europe*[1] e *New European Bauhaus* (NEB)[2] supportano il trasferimento di conoscenze e lo sviluppo di tecnologie avanzate market oriented in un'ottica di sostenibilità, inclusione sociale e valorizzazione delle specificità culturali e territoriali, stimolando al contempo la competitività e l'autonomia strategica dell'Unione Europea (UE), in accordo con l'Agenda 2030 delle Nazioni Unite.

Con l'obiettivo di creare una sinergia tra questi importanti *framework* e favorire la nascita di portfolio di innovazione e cambiamento attivo della società, l'*European Innovation Council* (EIC) nel 2023 ha identificato le tecnologie emergenti con alto valore "distruttivo", ovvero capaci di supportare un cambiamento visionario e dirompente degli ambienti di vita tradizionali. L'intento è quello di incentivare la diffusione dell'Internet delle Cose (IoT), dell'Intelligenza Artificiale (IA), della robotica avanzata, della Realtà Aumentata (AR), della Realtà Virtuale (VR), della Stampa 3D (3DP) e del *cloud computing*, ritenuti fondamentali per il perseguimento degli obiettivi del modello Industria 5.0 (EIC, 2024).

Per promuovere questo cambiamento, oltre ai finanziamenti diretti, l'UE ha stanziato i fondi di co-finanziamento nazionale e regionale, destinati all'attuazione di strategie di innovazione e sviluppo locale. Tra questi, il Fondo Europeo di Sviluppo Regionale (FESR) gioca un ruolo chiave nella promozione della Strategia di Specializzazione Intelligente, orientata a massimizzare l'impatto della ricerca e dell'innovazione sul territorio.

La declinazione nazionale di tali strumenti si traduce nell'implementazione di Programmi Regionali (PR-FESR), che forniscono risorse dedicate alla crescita delle filiere industriali, attuabili con il supporto degli Organismi di Ricerca (OR) per promuovere: 1) la riduzione dell'impatto ambientale di processi e prodotti; 2) l'ottimizzazione dell'uso delle risorse e la transizione verso modelli di produzione a basse emissioni di carbonio (e.g. *Ecodesign for Sustainable Products Regulation* (ESPR) e *2025 Construction Products Regulation* (CPR) *update*); 3) il passaggio dalla *linear economy* alla *circular economy*, con un focus sugli investimenti in materiali avanzati (*bio-based*, riciclati e riciclabili), tecnologie digitali, creazione di ambienti di lavoro più sicuri e inclusivi che promuovano la tutela dei diritti fondamentali dei lavoratori e l'attrazione di giovani talenti altamente qualificati.

Additive manufacturing processes for low-environmental-impact façade systems

Abstract. The paper presents some of the results of the REVERSING project financed by the PR-FESR of the Tuscany Region 2021-2027 and aimed at developing a prefabricated modular and dry-assembled façade system to be implemented for the retrofitting of existing school buildings, inspired by the principles of biophilic design and implemented with low environmental impact materials through additive manufacturing processes. The intent is to demonstrate the possibility of setting up positive market-oriented technology transfer models within the 3D printing supply chain, actively contributing to developing new envelope solutions that meet the ever-changing needs and challenges in the construction sector.

Keywords: Additive Manufacturing; Advanced Materials; 3D Printing; Industry 5.0; Technological innovation.

Introduction

At the international level, the Green Deal (European Commission, 2019) and Next Generation Europe (European Commission, 2020) constitute the main regulatory framework for financing sustainable research and innovation. According to these legislative instruments, the Horizon Europe[1] and New European Bauhaus (NEB)[2] programmes support knowledge exchange and the development of market-oriented advanced technologies aimed at sustainability, social inclusion, and the value enhancement of cultural and territorial specificities, while fostering competitiveness and the European Union's (EU) strategic autonomy in compliance with the United Nations 2030 Agenda.

To create a synergy between such important frameworks and to support the development of innovation portfolios and active societal change, the European Innovation Council (EIC) in 2023 identified emerging technologies with high 'disruptive' value, i.e. capable of supporting visionary and groundbreaking change in traditional living environments. The intention is to stimulate the dissemination of the Internet of Things (IoT), Artificial Intelligence (AI), advanced robotics, Augmented Reality (AR), Virtual Reality (VR), 3D Printing (3DP) and cloud computing, considered essential for the pursuit of Industry 5.0 targets (EIC, 2024).

To promote this change, in addition to direct funding, the EU allocated national and regional co-financing funds to implement innovation and local development strategies. These include the European Regional Development Fund (FESR), which is key in promoting the Intelligent Specialisation Strat-

ISSN online: 2239-0243 | © 2025 Author(s) | http://www.fupress.com/techne | DOI: 10.36253/techne-17409
Open access, peer-reviewed article published by Firenze University Press (https://www.fupress.com) and distributed, except where otherwise noted, under the terms of the CC BY 4.0 License for content and CC0 1.0 Universal for metadata

In questo contesto, i progetti che supportano l'adozione di tecnologie *Building Information Modelling* (BIM) e *Robot Operating Systems* (ROS) – applicabili alla prefabbricazione *off-site*, alla creazione di abitazioni modulari e allo sviluppo di processi di 3DP a filiera corta - sono stati individuati come *key driven* per creare nuove esperienze di collaborazione collettiva capaci di affrontare le sfide sistemiche del nostro secolo, aprendo la strada a un futuro sostenibile e competitivo, in linea con la visione strategica a lungo termine dell'UE.
Partendo da questa riflessione l'articolo presenta alcuni dei risultati della ricerca *Regenerative EnVelopE foR deep regeneration of School and office buildINGs* (REVERSING), finalizzata a sviluppare un sistema prefabbricato di facciata modulare e assemblato a secco, ispirato dai dettami del *restorative design* e realizzato con materiali a basso impatto ambientale, attraverso processi di Manifattura Additiva (AM) e sottrattiva.
In particolare, oltre a una breve descrizione della ricerca ed alla presentazione dei risultati della fase operativa che ha riguardato lo sviluppo di prototipi di facciata realizzati con processi di stampa additiva, saranno illustrati alcuni dei risultati inerenti l'analisi dello stato dell'arte con l'obiettivo di definire i rapporti di collaborazione attivati nei territori e nei settori di impiego coinvolti e nelle rispettive catene di produzione di valore, attraverso l'analisi delle dinamiche di trasferimento di conoscenza e delle ricadute innovative, socioeconomiche e culturali, caratterizzanti l'evoluzione di queste nuove tecnologie di produzione.

Il progetto REVERSING

La ricerca REVERSING è stata finanziata dalla Regione Toscana nell'ambito del bando 2 "Progetti di ricerca e sviluppo per le MPMI e Midcap" del PR-FESR 2021-2027, Azione 1.1.4 "Ricerca e sviluppo per le imprese anche in raggruppamento con organismi di ricerca". In linea con gli obiettivi del programma di finanziamento il progetto, che coinvolge il Dipartimento di Architettura dell'Università di Firenze e 4 SME toscane (Polistamp, Kentstrapper, Santelli Vetri e Zeta Lab), mira a sviluppare un kit di componenti di involucro innovativi assemblabili in un sistema di facciata a celle, con l'intento di:

a) aumentare la competitività delle aziende coinvolte, attraverso l'innovazione di prodotto e processo, grazie all'uso di nuovi materiali e tecnologie digitali, ispirate dal modello Impresa Intelligente e sostenibile della Regione Toscana;
b) facilitare il trasferimento di conoscenza tra l'accademia e l'industria, aprendo a nuovi orizzonti di ricerca *market oriented*;
c) promuovere la produzione di prodotti edilizi innovativi utilizzabili per creare ambienti di vita sostenibili e resilienti.

In coerenza con la Strategia di specializzazione intelligente S3 della Regione Toscana[3], REVERSING risponde agli ambiti applicativi "Ambiente ed Energia e Impresa Intelligente e Sostenibile" ed alle sfide inerenti le transizioni:

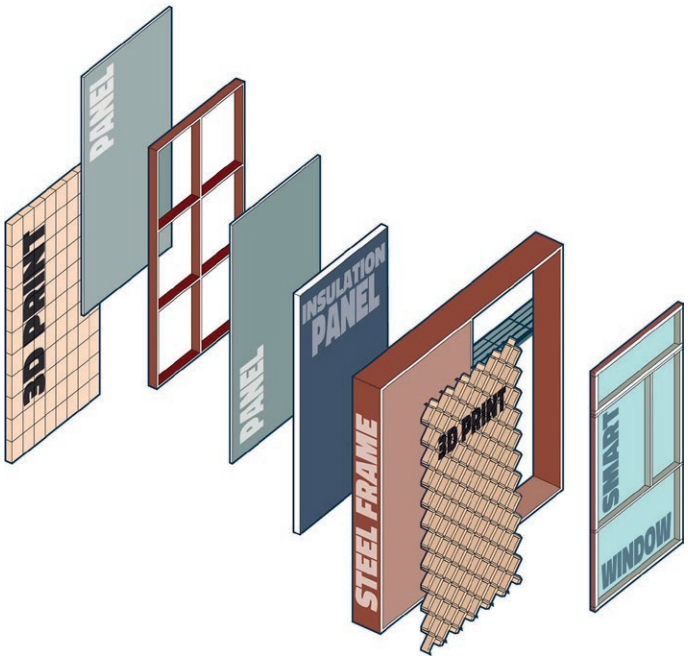
1. digitale, mediante lo sviluppo di un sistema di soluzioni tecnologiche 3DP che permettano alle imprese coinvolte di innovare i processi di progettazione, produzione e gestione sostenibile dei manufatti prodotti;
2. ecologica, attraverso la realizzazione di sistemi e componenti, sviluppati con materiali ecocompatibili secondo i principi del *Circular Design* e dell'Industria 5.0 e pensati

egy to maximise the impact of research and innovation on the territory.
The national application of the financial tools mentioned above is expressed in the implementation of Regional Programmes (PR-FESR), which provide dedicated funding for the growth of industrial supply chains. This is achieved with the support of Research Organisations (ORs) to promote: 1) the reduction of the environmental impact of processes and products; 2) resource optimisation and the shift towards low-carbon production models (e.g. Ecodesign for Sustainable Products Regulation (ESPR) and 2025 Construction Products Regulation (CPR) update); 3) the transition from linear to a circular economy, with a focus on investments in advanced materials (bio-based, recycled and recyclable), digital technologies, the creation of safer and inclusive workplaces promoting the protection of workers' fundamental rights, and attracting highly qualified young talent.
In this context, projects that support the adoption of Building Information Modelling (BIM) and Robot Operating Systems (ROS) technologies – applicable to off-site prefabrication, modular housing manufacture and the development of short supply chain 3DP processes – have been identified as key drivers to create new cooperation experiences to address the systemic challenges of our century, leading towards a sustainable and competitive future, aligned with the EU's long-term strategic vision.
Based on this reflection, the article presents selected findings from the research project Regenerative EnVelopE foR deep regeneration of School and office buildINGs (REVERSING), which aims to develop a prefabricated modular and dry-assembled façade system based on restorative design principles, and manufactured with low environmental impact materials through additive and subtractive manufacturing processes.
Specifically, after a brief research presentation, the analysis will focus on selected results concerning the development of building components produced through additive manufacturing (AM) processes. The discussion will begin with a reconstruction of the current state of the art in this production sector, aiming to define the collaborative relationships established across different regions and application fields and within their respective value production chains. The analysis examines the dynamics of knowledge transfer and the associated innovative, socio-economic, and cultural impacts that characterise the evolution of additive manufacturing in the construction sector.

The REVERSING project

The REVERSING research project has been funded by the Tuscany Region under Call 2 "Research and Development Projects for MPMIs and Midcaps" as part of the PR-FESR 2021-2027, Action 1.1.4 'Research and Development for Enterprises, including in collaboration with Research Organisations'. In line with the funding programme's objectives, the project, conducted in partnership with the Architecture Department of the University of Florence and four Tuscan SMEs (Polistamp, Kentstrapper, Santelli Vetri, and ZetaLab), aims to develop a kit of innovative envelope components that can be assembled into a cellular façade system, with the goal of:

01 | Esploso assonometrico del modulo di facciata REVERSING, elaborazione da parte degli autori
Axonometric view of the façade module REVERSING, author's elaboration



per essere completamente reversibili e integrabili con impianti per la produzione di energia rinnovabile.

Inoltre, coerentemente con le missioni strategiche dell'"Agenda 2030: verso una Toscana sostenibile"[4] tutti i sistemi tecnologici compresi nel modulo REVERSING (Fig.1) sono stati progettati per promuovere:

– *Wellness* e *health indoor*, grazie all'adozione di soluzioni tecnologiche e compositive (forma degli elementi, stratigrafia dei pacchetti di tamponamento, adozione di *coating* adattivi) ideate per garantire il comfort termico e acustico dello spazio confinato;
– *Wellness* e *health outdoor*, integrando nella superficie esterna del modulo opaco elementi prodotti con processi di stampa additiva che possono essere integrati con piante e trattati con superfici fotocatalitiche a bassa emissività termica, pensati per contribuire in modo efficace alla mitigazione dell'effetto isola di calore, aumentando il comfort e la biodiversità degli spazi esterni;
– la produzione di energia rinnovabile, mediante l'integrazione di *Dye-Sensitized Solar Cell* (DSSC) nel sistema di chiusura trasparente ideato come una *smart window*.

In linea con questa struttura operativa, che parte da un TRL 4-5 (Tecnologia convalidata in laboratorio e Tecnologia convalidata in ambiente industrialmente rilevante) e arriva ad un TRL 7 (Dimostrazione di un prototipo di sistema in ambiente operativo), il progetto è stato organizzato in 5 Obiettivi Operativi (O.O.) che sono declinati nell'arco di 18 mesi di lavoro (da settembre 2024 a Febbraio 2026) rispetto ad una semplice struttura ad albero (Fig. 2) nella quale, dopo una fase di analisi e approfondimento del concept del sistema di facciata REVERSING, si passa allo sviluppo (nell'ambito degli O.O.2, O.O.3, O.O.4, dal mese 3 al mese 9) dei 4 prodotti (un sistema di involucro opaco, una *smart window*, due sistemi di finitura realizzati con moduli ottenuti attraverso processi di stampa additiva) integrabili nel *mockup* del sistema REVERSING, realizzato nell'O.O.5 (dal mese 10 al mese 18).

Manifattura Additiva e trasferimento tecnologico market oriented

Dallo studio condotto nella fase di analisi dello stato dell'arte (Fig. 3), finalizzato a ricostruire l'evoluzione della 3DP nel settore delle costruzioni, è emerso come l'adozione dei processi di AM sia sicuramente riconducibile ad un'accelerazione del passaggio di conoscenza dal mondo imprenditoriale a quello della ricerca scientifica e non viceversa, misurabile in modo tangibile

a) Enhancing the competitiveness of the involved companies through product and process innovation, leveraging new materials and digital technologies inspired by the Smart and Sustainable Enterprise model of the Tuscany Region;
b) Facilitating knowledge transfer between academia and industry, paving the way for new market-oriented research opportunities;
c) Promoting the production of innovative building components, enabling the creation of sustainable and resilient living environments.

By the Smart Specialisation Strategy S3 of the Tuscany Region[3], REVERSING meets the "Environment and Energy" and "Intelligent and Sustainable Enterprise" application fields and challenges:

1. the digital transition, through the development of a technological solution system, which can be realised with 3DP to enable the involved companies to innovate the design, production and sustainable management processes of the manufactured products;
2. The ecological transition will be achieved by realising systems and components developed according to the principles of Circular Design and Industry 5.0, created with environmentally-friendly materials and designed to be completely reversible. These systems can be integrated with renewable energy production systems to contribute to the energy efficiency of existing buildings.

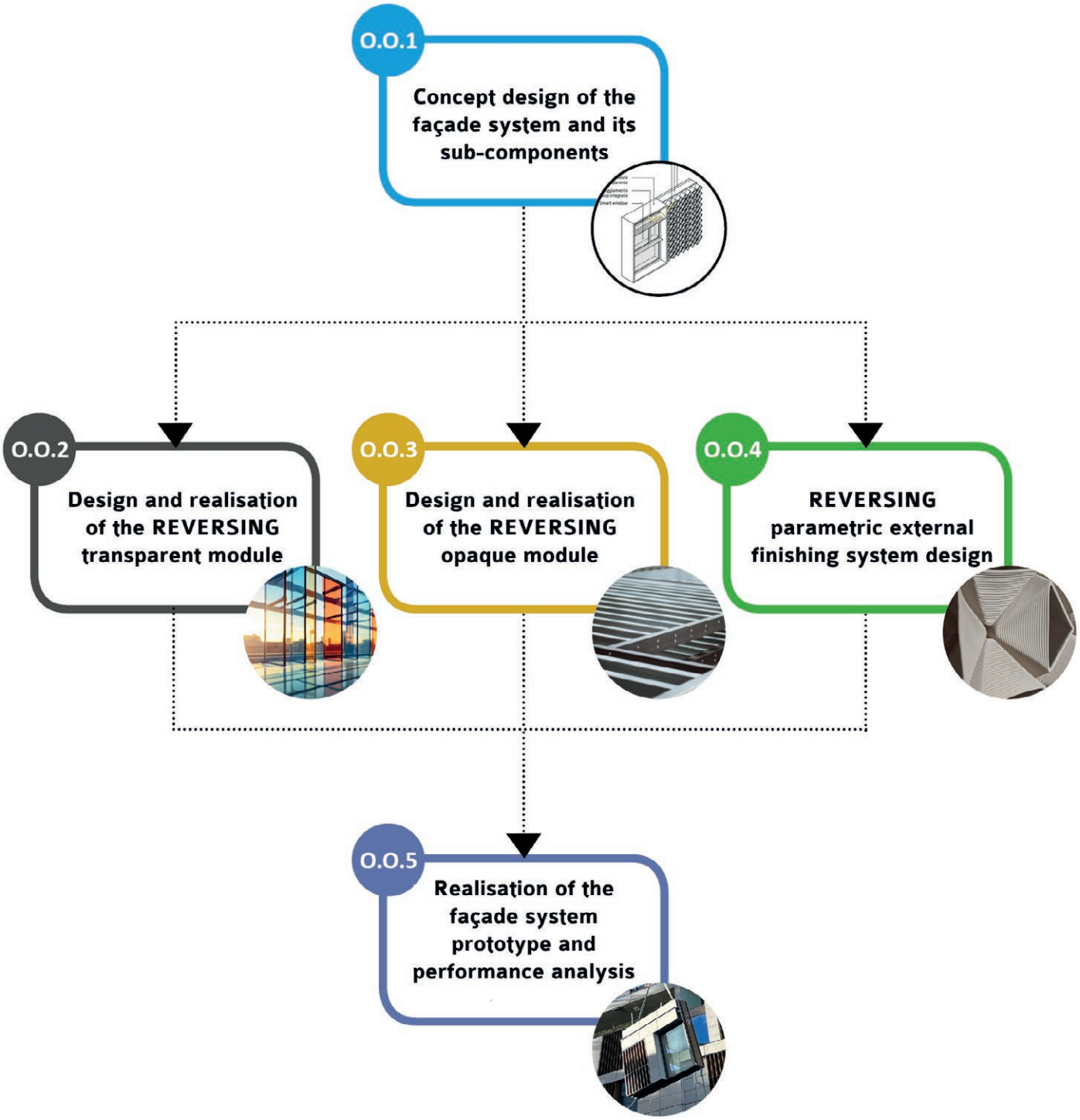
Moreover, in line with the strategic missions of the "2030 Agenda: towards a sustainable Tuscany"[4], all the technological systems included in the REVERSING module (Fig.1) are designed to promote the following:

– Indoor wellness and health are ensured through adopting technological and compositional solutions (such as the geometry of the elements, the stratigraphy of the envelope assemblies, and the use of adaptive coatings) specifically designed to guarantee thermal and acoustic comfort within enclosed spaces;
– Outdoor wellness and health are achieved by integrating elements produced through additive manufacturing processes into the external surface of the opaque module. These elements can be combined with vegetation and treated with photocatalytic surfaces exhibiting low thermal emissivity. They are designed to effectively mitigate the urban heat island effect, enhancing comfort and biodiversity in outdoor spaces;
– Renewable energy production through integrating Dye-Sensitised Solar Cells (DSSC) within the transparent closure system, conceived as a smart window.

The project adopts an operational framework that initiates at TRL 4-5 (technology validated in laboratory and a relevant industrial environment), and advances to TRL 7 (demonstration of a system prototype in an operational environment), structuring its activities into five Operational Objectives (O.O.). These are distributed over 18 months (from September 2024 to February 2026) according to a straightforward hierarchical structure (Fig. 2). Following an initial phase of analysis and in-depth exploration of the REVERSING façade system concept (O.O.1, from month 1 to month 18) (Fig. 3), the development phase takes place (within O.O.2,

02 | Schema della struttura della ricerca REVERSING, elaborazione da parte degli autori
Diagram of the REVERSING research structure, author's elaboration

02 |



O.O.3, O.O.4, from month 3 to month 9) of four products – one opaque envelope system, one smart window, and two finishing systems fabricated with modules produced via additive manufacturing processes. The process integrates these products into the REVERSING façade mockup developed during O.O.5 (from month 10 to month 18).

Additive manufacturing and market-oriented technology transfer

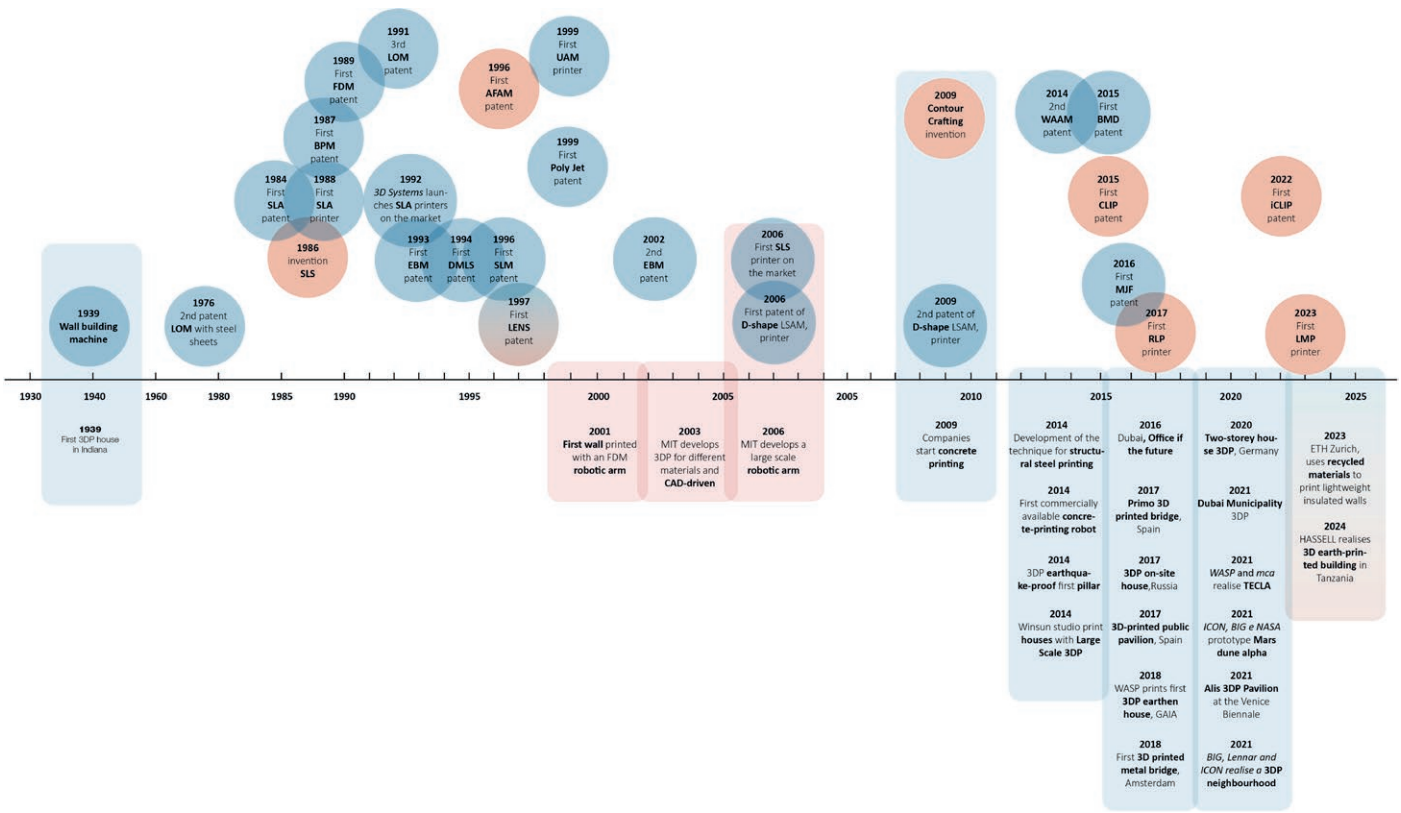
The study conducted during the state-of-the-art analysis phase (Fig. 3), aimed at reconstructing the evolution of 3DP in the construction sector, highlights how the adoption of AM processes can be primarily attributed to an acceleration in the transfer of knowledge from the entrepreneurial domain to the scientific research domain, rather than the reverse. This dynamic is tangibly measurable through the patents developed in this field by the companies and research centres involved (Romano and Mazzoni, 2025).

Indeed, in 1939, it was the entrepreneur W. E. Urschel who invented the 'Wall Building Machine', which can be considered the first robotic arm used in architectural history, and which would inspire, a few decades later, the Large-Scale 3D printer Crane, again patented by a company (the Italy-based WASP). The construction method adopted by Urschel, described as 'layered, horizontal slip forming, set a turning point in the automated prefabrication of vertical concrete structures,

03 | Timeline dell'innovazione tecnologica legata ai processi di stampa 3D: in blu le innovazioni riconducibili al settore industriale, in rosso quelle imputabili al settore accademico , elaborazione da parte degli autori

Technological 3DP innovation timeline: in blue, innovations related to the industrial sector; in red, those attributable to the academic sector, author's elaboration

dai brevetti sviluppati in questo ambito dalle aziende e dai centri di ricerca coinvolti (Romano and Mazzoni, 2025).
Infatti, nel 1939, fu l'imprenditore W. E. Urschel ad inventare la *Wall Building Machine* che può essere considerata il primo braccio robotico utilizzato nella storia dell'architettura e che ispirerà, qualche decennio più tardi, le *Large-Scale 3D printers Crane* dell'azienda italiana *WASP*. Il metodo di costruzione impiegato da Urschel, descritto come *layered, horizontal slip forming* segna un punto di svolta nella prefabbricazione automatizzata di chiusure verticali in cemento, introducendo per la prima volta il controllo della geometria senza l'utilizzo di casseforme (Curth, 2022).
Ma è solo a partire dalla fine degli anni Ottanta e nel corso degli anni Novanta, che le nuove metodologie di 3DP (*Rapid Tooling, Rapid Casting* e *Rapid Manufacturing*) si diffondono nel settore industriale per supportare i processi di prototipazione rapida. Tra i principali protagonisti di questa fase evolutiva non si può fare a meno di citare C. Hull, co-fondatore dell'impresa *3D Systems*, che nel 1988 inventa la prima stampante stereolitografica (SLA) della storia utilizzabile per realizzare componenti in resina fotosensibile (Hull, 1984).
Negli stessi anni (1986) C. Deckard, allora studente della *University of Texas di Austin*, brevetta la tecnologia di *Selective Laser Sintering* (SLS) (Deckard, 1997) e nel 1989 S. Crump, cofondatore della *Stratasys Inc.,* ottimizza il processo di *Fused Deposition Modeling* (FDM), basato sull'estrusione a caldo di polimeri termoplastici (Wu *et al*., 2016).
In linea con queste innovazioni, alla fine del ventesimo secolo, grazie alla diffusione di nuovi strumenti informatici di progettazione e controllo computazionale, l'AM si diffonde rapidamente nel settore delle costruzioni come processo tecnologico innovativo utilizzabile per realizzare singole parti o interi edifici.
Un contributo determinante in tal senso è rappresentato nel 1994 dalla commercializzazione da parte di *Autodesk*, della prima versione di *AutoCAD* compatibile con la modellazione 3D che rivoluziona il mondo della progettazione digitale e della realizzazione.
Quasi in contemporanea, nel 1993, il *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) costruisce il primo sistema di 3DP a guida *Computer-Aided Design* (CAD) che porterà, nel 2006, allo sviluppo dei bracci robotici multi-asse compatibili con diverse tipologie di materiali.



Partendo da queste importanti innovazioni, nel 1996, B. Khoshnevis, professore di ingegneria civile e direttore del *Center for Rapid Automated Fabrication Technologies* (CRAFT) della *University of Southern California*, brevetta Additive *Fabrication Apparatus and Methods* (AFAM)[5], basato sul processo di *Contour Crafting* (Khoshnevis, 2004), una tecnologia che oggi si estende oltre la lavorazione degli impasti cementizi, includendo la sperimentazione con composti argillosi e di materiali *bio-based* (Alzarrad and Elhouar, 2019).
Nel primo decennio dell'XI secolo, allo scadere dei brevetti relativi ai processi di stampa SLS e FDM (rispettivamente nel 2006 e nel 2009) si assiste alla nascita di realtà produttive caratterizzate dalla volontà di realizzare nuove stampanti, anche di grande scala, utilizzabili per realizzare mediante processi di AM utensili di piccola taglia e sistemi edilizi più o meno complessi.
Tra queste imprese c'è Kentstrapper (partner della ricerca REVERSING per lo sviluppo di componenti di involucro realizzati con processi di AM), fondata nel 2010 dai fratelli Lorenzo e Luciano Cantini che, ispirandosi al progetto visionario *RepRap*[6] promosso da A. Bowyer (un ricercatore in ingegneria meccanica dell'Università di Bath), cominciano ad assemblare dispositivi autoreplicanti per creare in autonomia oggetti utilizzabili nella vita di tutti i giorni.
È interessante notare come nell'ultimo decennio la sperimentazione dei processi di AM su larga scala abbia determinato un'intensa competizione tecnologica finalizzata al raggiungimento di primati globali (e.g. il primo ponte in acciaio 3DP ad Amsterdam; il primo modello abitativo ecosostenibile 3DP a Massa Lombarda, Italia) (Alzarrad and Elhouar, 2019). Si tratta di innovazioni che hanno riguardato principalmente il settore delle costruzioni (Tab. 1) e che sono state sviluppate grazie alla collaborazione tra grandi imprese edili (e.g., WINSUN, ICON) e studi internazionali di architettura e ingegneria (e.g., BIG, Zaha Hadid architects), che hanno investito nella creazione di robot e macchinari di stampa di grandi dimensioni, ponendo le basi per un'evoluzione culturale e tecnologica senza precedenti (Jassmi *et al.*, 2018).
Parallelamente, il XXI secolo ha visto una significativa crescita nel settore dell'AM su piccola scala, con applicazioni nell'industria manifatturiera e nella prototipazione avanzata (Tab. 2) con un grande potenziale di trasferimento sul mercato. In questo ambito, un ruolo centrale è stato svolto dai centri di ricerca universitari, che hanno guidato l'innovazione inter e transdisciplinare, lavorando in sinergia con partner industriali e Pubbliche Amministrazioni. Queste iniziative hanno favorito lo sviluppo di metodologie innovative di *adaptive design* basate sull'utilizzo di materiali avanzati (e.g. *bio-based materials*, matrici fibrocomposite, etc.) e a controllo di forma (e.g. *responsive shade*, *complex geometry optimization,* etc.), ampliando ulteriormente il ventaglio delle applicazioni della 3DP e consolidando il ruolo strategico nell'ambito del trasferimento della conoscenza tra il settore edilizio e quello della ricerca, per muoversi verso gli ambiti di indagine propri dell'architettura, dell'informatica e delle scienze applicate.

Componenti REVERSING realizzati con processi di Manifattura Additiva

L'attività di ricerca sviluppata nel contesto dell'O.O.4 del progetto REVERSING (finalizzato a realizzare componenti di finitura interna ed esterna con processi di AM commercializzabili

introducing geometry control without using formwork' (Curth, 2022).
Only from the late 1980s and throughout the 1990s did new 3DP methodologies, such as Rapid Tooling, Rapid Casting, and Rapid Manufacturing, begin to be patented and gradually disseminated across the industrial sector to support rapid prototyping processes. Among the key figures in this evolutionary phase, it is essential to mention C. Hull, co-founder of 3D Systems, who in 1988 developed the first Stereolithographic (SLA) printer in history, capable of producing components in polymer resin (Hull, 1984). During the same period, in 1986, C. Deckard, then a student at the University of Texas at Austin, patented Selective Laser Sintering (SLS) technology (Deckard, 1997), while in 1989, S. Crump, co-founder of Stratasys Inc., refined the Fused Deposition Modelling (FDM) process, based on the hot extrusion of thermoplastic polymers (Wu *et al.*, 2016).
In line with these innovations, by the end of the twentieth century, AM had rapidly expanded into the construction sector as an innovative technological process capable of producing individual components or entire buildings. This diffusion was significantly driven by contributions from the academic sector and the widespread adoption of new digital design tools and computational control systems. A pivotal milestone in this evolution was the 1994 release by Autodesk of the first version of AutoCAD compatible with 3D modelling, which revolutionised the fields of digital design and fabrication. Almost simultaneously, in 1993, the Massachusetts Institute of Technology (MIT) developed the first CAD-guided 3DP system, which later led, in 2006, to the advancement of multi-axis robotic arms compatible with various material types.
Building on these significant innovations, in 1996, B. Khoshnevis, Professor of Civil Engineering and Director of the Centre for Rapid Automated Fabrication Technologies (CRAFT) at the University of Southern California, patented the Additive Fabrication Apparatus and Methods (AFAM)[5], based on the Contour Crafting process (Khoshnevis, 2004). Initially developed for cement-based mixtures, this technology has since evolved into experimental applications involving clay-based compounds and bio-based materials (Alzarrad and Elhouar, 2019).
In the first decade of the 21st century, following the expiration of patents related to SLS and FDM printing processes (in 2006 and 2009, respectively), several manufacturing ventures emerged to develop new, often large-scale printers for use in the construction sector. These printers were designed to fabricate building systems of varying complexity through AM processes. Among these companies is Kentstrapper, a partner in the REVERSING research project for developing envelope components produced via additive manufacturing, founded in 2010 by brothers Lorenzo and Luciano Cantini. Inspired by the visionary RepRap[6] project initiated by A. Bowyer, a mechanical engineering researcher at the University of Bath, they began assembling self-replicating devices capable of autonomously producing everyday objects.
It is noteworthy that over the past decade, large-scale experimentation with additive manufacturing (AM) processes has triggered intense technological competition aimed at achieving global

Tab. 1 | Applicazioni nel settore edilizio e nella prototipazione avanzata di costruzioni realizzate tramite Large-scale 3DP
Applications in the construction sector and advanced prototyping of buildings created through Large-scale 3DP

| Tab. 01

Large-scale 3D printing applications

n.	Name	Data	Project team	Location	References
1	Office of the Future	2016	Killa Design (Architecture firm), BASF (LE), ITSERVE (SME), Progress Profiles SpA (SME), WINSUN (LE)	Dubai, United Arab Emirates	(Tapia, 2024)
2	3D-printed on-site house	2017	Apis Cor. (LE), PIK (LE)	Stupino, Russia	(Sher, 2020)
3	3D-printed public pavilion	2017	HASSELL (International architecture firm), Nagami (SME), YIP Engineering London (Engineering firm), Transsolar KlimaEngineering (Engineering firm)	Avila, Spain	(Zeitoun, 2023)
4	GAIA	2018	WASP (SME), RiceHouse (SME)	Massa Lombarda, Italy	(Chiusoli, 2024)
5	MX3D Bridge	2018	MX3D (SME), Joris Laarman Lab (Architecture firm), Arup (International engineering firm), ArcelorMittal (LE), Autodesk (LE), Heijmans (LE), Lenovo (LE), ABB (LE), Air Liquide (LE), Oerlikon (LE), Plymovent (LE), AMS (LE), TU Delft, The municipality of Amsterdam	Amsterdam, The Netherlands	(MX3D, 2023)
6	Single Family	2020	MENSE-KORTE ingenieure+architekten (Architecture firm), PERI GmbH (LE)	Beckum, Germany	(Yasemin, 2024)
7	The Dubai Municipality	2021	Fuseproject (International architecture firm), Apis Cor (LE)	Dubai, United Arab Emirates	(Harrouk, 2019; Emre, 2024)
8	TECLA	2021	Mario Cucinella Architects (International architecture firm), WASP (SME)	Massa Lombarda, Italy	(Pintos, 2024)
9	Mars dune alpha	2021	ICON (LE), BIG (International architecture firm), NASA (Government agency)	Houston, Texas, USA	(Barandy, 2021)
10	Alis	2021	Zaha Hadid Architects (International architecture firm), Tecno S.p.A. (SME)	Venice, Italy	(Juliana, 2021)
11	Dior pop-up store	2021	Dior (LE), WASP (SME)	Dubai, United Arab Emirates	(Moretti, 2024)
12	Wolf Ranch community	2021 - WIP	BIG (International architecture firm), Lennar (LE) AND ICON (LE)	Austin, Texas, USA	(Florian, 2023)
13	Project Milestone	2021 - 2025	Saint-Gobain (LE), Saint-Gobain Weber Beamix (SME), Witteveen+Bos (LE), Van Wijnen (LE), The city of Eindhoven (Public organisation), Eindhoven University of Technology	Eindhoven, The Netherlands	(Saint-Gobain Weber Beamix, 2024)
14	Skylos	2022	Wallace Design Collective (International firm and LE), RRAEL (Architecture firm)	San Luis Valley, Colorado, USA	(Rael, 2023)
15	3D earth-printed building	2024	HASSELL (International architecture firm), Advanced Architecture of Catalonia (IAAC), EOC (LE)	Hope Village, Tanzania	(Zeitoun, 2024)

nel settore delle costruzioni) è stata condotta, in linea con quanto emerso dall'analisi dello stato dell'arte, con l'obiettivo di ampliare il *know how* e il *market business* delle aziende partner, e per dimostrare come l'utilizzo di tecnologie AM possa incidere positivamente sull'impatto ambientale dell'intero processo realizzativo grazie alla possibilità di controllare tempi e costi di produzione.

Il progetto REVERSING ha, infatti, l'ambizione di promuovere l'uso della 3DP per ampliare la possibilità di customizzare i sistemi tecnologici di involucro, in relazione alle richieste della committenza ed al raggiungimento di prestazioni acustiche e termiche specifiche fortemente connesse alle condizioni climatiche del luogo di costruzione, favorendo la delocalizzazione dei processi di produzione nell'ottica di promuovere nuovi modelli di *smart factory*.

In linea con questa aspirazione, è stata avviata la progettazione e la prototipazione di sistemi modulari, realizzabili con processi di stampa FDM e materiali innovativi (bio-polimeri, plastiche

firsts (e.g., the first 3DP steel bridge in Amsterdam; the first eco-sustainable 3DP housing prototype in Massa Lombarda, Italy) (Alzarrad and Elhouar, 2019). These innovations have primarily affected the construction sector (Table 1) and have been made possible through collaborations between major construction firms (e.g., WINSUN, ICON) and international architecture and engineering studios (e.g., BIG, Zaha Hadid Architects), which have invested in the development of large-scale robotic and printing machinery, laying the foundation for an unprecedented cultural and technological transformation (Jassmi *et al*., 2018).

In parallel, the 21st century has witnessed significant growth in small-scale additive manufacturing (AM), particularly in advanced prototyping and manufacturing (Table 2), with strong market transfer potential. In this field, university research centres (e.g., TU Delft, ETH Zurich, MIT) have been central in driving interdisciplinary and transdisciplinary innovation, working in synergy with industrial partners and public administrations. These initiatives have fostered the development of innovative adaptive design methodologies, leveraging advanced materials (e.g., bio-based materials, organic compounds, fibre-composite matrices) and shape-control technologies (e.g., responsive shading systems, complex geometry optimisation).

At the same time, these technological advances have expanded the range of 3DP applications, reinforcing its strategic role in knowledge transfer between the construction sector and research fields such as architecture, computer science, and applied sciences.

REVERSING components made by Additive Manufacturing processes

The research activity carried out within the framework of Work Package O.O.4 of the REVERSING project (aimed at developing internal and external finishing components through commercially viable additive manufacturing processes for the construction sector) was conducted, under the findings of the state-of-the-art analysis, to expand the know-how and market potential of the partner companies. The ultimate aim was to demonstrate how the use of AM technologies can positively influence the environmental impact of the entire construction process, owing to the possibility of controlling both production time and costs.

The REVERSING project aims to promote the use of 3DP to explore the potential for expanding the customisation of technological envelope systems. It seeks to tailor this customisation to meet client requirements, and to achieve specific acoustic and thermal performance levels closely aligned with the climatic conditions of the construction site. The project will also support decentralising production processes to promote new smart factory models.

In line with this ambition, the team has initiated the design and prototyping of modular systems. They create these systems using FDM printing processes and innovative materials (e.g., biopolymers and recyclable plastics) that can be integrated into vertical envelope surfaces through dry assembly systems.

The creative phase was managed in close synergy with Kentstrapper, Polistamp, and ZetaLab, who supported the research team in validating the metadesign choices, and in the digital

Tab. 2 | Applicazioni nell'industria manifatturiera e nella prototipazione avanzata di sotto-componenti di involucro realizzati tramite Small-scale 3D printing
Applications in the manufacturing industry and advanced prototyping of envelope subcomponents created through Small-scale 3DP

Tab. 02 |

Small-scale 3D printing envelope sub-components applications

n.	Name	Data	Project team	Location	References
1	SPONG3D	2017	Delft University of Technology, Eindhoven University of Technology and KIWI Solutions (SME)	Delft, The Netherlands	(4TU.Bouw, 2021; Sarakinioti et. al., 2018; Turrin et. al., 2021)
2	Arachne: 3D Printed Facade	2017	Archi-Solution Workshop (Architecture firm and SME)	Foshan, China	(Archi Solutions, 2018; Parametric House 2024; Moreno, 2020)
3	PULSE	2017	Delft University of Technology, Yasar University, FMVG, Ector Hoogstad Architecten (Architecture firm)	Delft, The Netherlands	(Teeling et. al., 2017; Turrin, 2021; Turrin et. al., 2021)
4	New Delft Blue	2019	Studio RAP (Architecture firm and SME)	Delft, The Netherlands	(Ravenscroft, 2023)
5	Aguahoja I	2019	MIT Media Lab (Interdisciplinary Research Laboratory) and Mediated Matter Group (Academic Research Group)	Cambridge, Massachusetts (USA)	(Duro-Royo et. al., 2021; Lee et. al., 2019; Mogas-Soldevila et. al., 2015; Oxman, 2020)
6	ADAM	2020	Delft University of Technology, Peutz (SME), Materialise (LE- Large Enterprise) and NWO Open Technology (funding organisation).	Delft, The Netherlands	(Setaki et. al., 2023; Turrin, 2021; Turrin et. al., 2021)
7	Acoustic Diffuser Panels	2020- 2021	Gramazio Kohler Research (gruppo di ricerca accademico), ETH Zurich	Zurich, Switzerland	(Gramazio Kohler Research, 2021a; Gramazio Kohler Research, 2021b)
8	Beyond the Geometry Plastic 3D Printed Pavilion	2021	Archi-Union Architects (Architecture firm), Fab-Union (SME affiliated with Archi-Union Architects)	Nanjing, China	(3Dnatives, 2021; ArchDaily, 2021; Yuan et. al., 2022)
9	Living soil walls	2022	University of Virginia	Charlottesville, Virginia (USA)	(Barnes et. al., 2022; DeZeen, 2022)
10	3D printed concrete facades	2022-	Neutelings Riedijk Architects (Architecture firm), Eindhoven University of Technology and Vertico (SME)	The Netherlands	(Archidust, 2023; Nan et. al., 2024; Neutelings Riedijk Architects, 2023; Vertico, 2023)
11	Ceramic house	2023	Studio RAP (Architecture firm and SME)	Amsterdam, The Netherlands	(Malagò, 2024; Studio RAP, 2022)
12	Multi-nozzle Additive Manufacturing	2023	Bartlett School of Architecture at UCL (University College London) and WASP (SME)	London, UK	(3D WASP, 2024; Severi, 2024)
13	Biomimic wall: a digitally fabricated greening facade	2023	University of Innsbruck, in collaboration with ceraLAB (collective) and exparch.hochabu (Institute for Experimental Architecture and Building Construction at the University of Innsbruck)	Innsbruck, Austria	(JanContala, 2023)
14	Planter Tiles	2023-WIP	IOUS Studio (Architecture and Design firm and SME)	Rotterdam, The Netherlands	(IOUS Studio, 2023)
15	4D printed Solar Gate	2024	University of Stuttgart, University of Freiburg. Departments, institutes and research groups involved: Institute of Computational Design and Construction (ICD), Institute for Plastics Technology (IKT), Cluster of Excellence Integrative Computational Design and Construction for Architecture (IntCDC), Plant Biomechanics Group, Department for Microsystems Engineering (IMTEK), Cluster of Excellence Living, Adaptive and Energy-autonomous Materials Systems (livMatS)	Freiburg, Germany	(Burgos, 2025; Cheng et al., 2024)

modelling of a customised abacus of adaptive elements responsive to both internal and external microclimatic conditions. These elements were designed to:
- purify the air through the application of photocatalytic coatings, antibacterial paints, and the integration of vegetation;
- mitigate the urban heat island effect by enabling the fabrication of rough-textured surfaces using materials with a Solar Reflectance Index (SRI) greater than 0.28;
- reduce the building's overall energy consumption for heating and cooling, through the use of insulating materials with low thermal conductivity and high thermal attenuation, alongside the integration of solar shading systems;
- enhance the acoustic insulation performance of the façade by developing internal and external finishing systems produced via 3D printing processes.

The REVERSING façade system has also been designed using subcomponents, whose shapes and colours are inspired by restorative design principles. The aim is to enhance users' aesthetic perception and psycho-perceptual well-being.
Using energy simulations conducted under quasi-steady-state conditions, the O.R. supported the design and execution phases, collaborating with the participating companies to identify the most effective materials and geometric solutions for defining the modules' characteristics (fig.4).
To this end, a series of B2B (Business-to-Business) meetings were organised with the following objectives:
- Draft the executive design of the internal and external envelope systems of the REVERSING opaque module, implementing the production process of the system's subcomponents through the use of additive manufacturing techniques and dedicated parametric modelling tools, developed with the support of Kentstrapper (Fig. 5);
- Analyse the technological characteristics of the fastening systems required to anchor the internal and external finishing modules to the opaque façade component, developed with the contribution of Polistamp (Fig. 6);
- Develop, in collaboration with ZetaLab, acoustic simulations using advanced software to model and test, during the metadesign phase, the sound-absorbing properties of the tiles printed by Kentstrapper. These simulations aim to assess the impact of the internal and external enclosure modules on the building's overall acoustic insulation and reverberation phenomena within enclosed spaces.

These moments of interaction have led to increased knowledge among all parties involved, fostering technological innovation processes aligned with the principles outlined in the EU's Knowledge Transfer Matrix strategy (2022). This strategy aims to facilitate the systematic exchange and application of knowledge among diverse stakeholders, thereby optimising the impact of research outcomes and accelerating the translation of innovation into best practices.

Conclusions
In the coming decades, the construction sector will face a perfect storm, precisely that of meeting the growing demand for new buildings and infra-

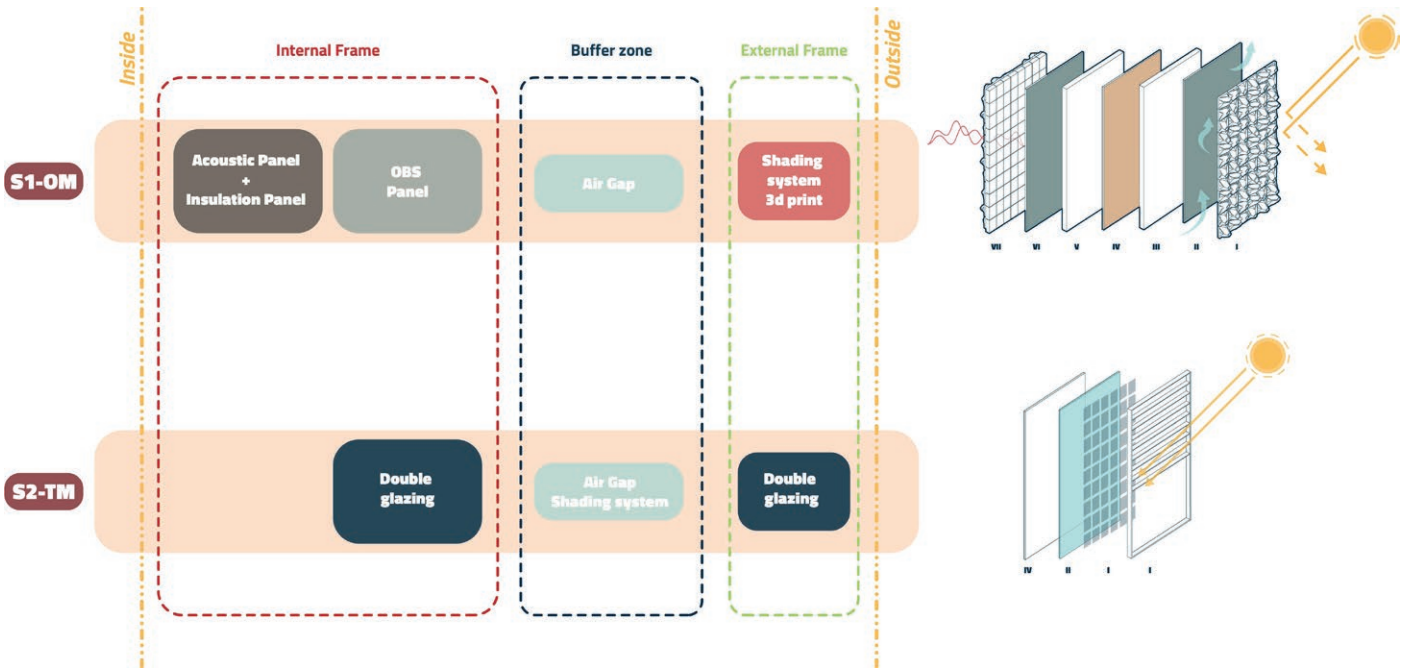
04 | Schema dei layer che costituiscono i due componenti opaco (sopra) e trasparente (sotto) della facciata REVERSING, elaborazione da parte degli autori
Diagram of the layers that make up the two components of the REVERSING façade: opaque (top) and transparent (bottom), author's elaboration

riciclabili, ecc.), integrabili, attraverso sistemi di assemblaggio a secco, in superfici di chiusura verticale.
La fase creativa è stata gestita in stretta sinergia con Kentstrapper, Polistamp e ZetaLab, che hanno supportato il team di ricercatori nella validazione delle scelte metaprogettuali e nella modellazione digitale di un abaco customizzato di elementi adattivi alle condizioni microclimatiche interne ed esterne, pensati per:
– depurare l'aria, attraverso l'applicazione di *coating* fotocatalitici, vernici antibatteriche e integrazione di vegetazione;
– ridurre l'effetto isola di calore, grazie alla possibilità di realizzare superfici scabre con materiali con un Indice di Riflettanza Solare (SRI) maggiore di 0,28;
– diminuire i consumi energetici globali dell'edificio per riscaldamento e raffrescamento, utilizzando materiali isolanti con bassa conducibilità e buona attenuazione termica;
– incrementare le prestazioni fonoisolanti di facciata, mediante la realizzazione di sistemi di finitura interni ed esterni realizzati con processi di 3DP.

Il sistema di facciata REVERSING è stato, inoltre, progettato per essere realizzato con sottocomponenti che hanno forme e colori ispirate dal *restorative design* così da migliorare la percezione estetica e il benessere psico-percettivo degli utenti (fig.4).
Attraverso simulazioni energetiche condotte in regime semi-stazionario, l'O.R. ha fornito il necessario supporto nella fase progettuale ed esecutiva, collaborando con le imprese coinvolte per scegliere i materiali e le soluzioni geometriche più performanti per la definizione delle caratteristiche dei moduli.

Con questo intento sono stati organizzati una serie di incontri *Business-to-Business* finalizzati a:
– redigere il progetto esecutivo dei sistemi di chiusura interni ed esterni del modulo opaco REVERSING, implementando il processo produttivo delle sottoparti del sistema attraverso l'utilizzo di processi di stampa additiva e di strumenti di modellazione parametrica dedicati, sviluppati con il supporto di *Kentstrapper* (Fig. 5);
– analizzare le caratteristiche tecnologiche dei sistemi di aggancio necessari ad ancorare i moduli di finitura interni ed esterni al componente di facciata opaco realizzato con il contributo di *Polistamp* (Fig. 6);
– sviluppare, in collaborazione con ZetaLab, delle simulazioni acustiche con software avanzati, per modellare e testare in fase metaprogettuale le proprietà fonoassorbenti delle *tiles* stampate da Kentstrapper, valutando l'effetto dei moduli di chiusura interni ed esterni sull'isolamento acustico globale dell'edificio e sui fenomeni di riverbero dello spazio confinato.

Questi momenti di interazione hanno portato alla crescita di conoscenza di tutti i soggetti coinvolti, promuovendo processi di innovazione tecnologica in linea con quanto indicato nella strategia *Knowledge transfer metric* adottata dell'UE (2022) e finalizzata a facilitare lo scambio e l'applicazione sistematica di conoscenza tra i diversi attori, ottimizzando l'impatto dei risultati della ricerca e accelerando la traduzione dell'innovazione in buone pratiche.



| 04

05 | Alcuni dei prototipi dei componenti di finitura REVERSING realizzati con l'utilizzo di stampanti 3D, elaborazione da parte degli autori
Some of the prototype models of the finishing components produced with AM, author's elaboration

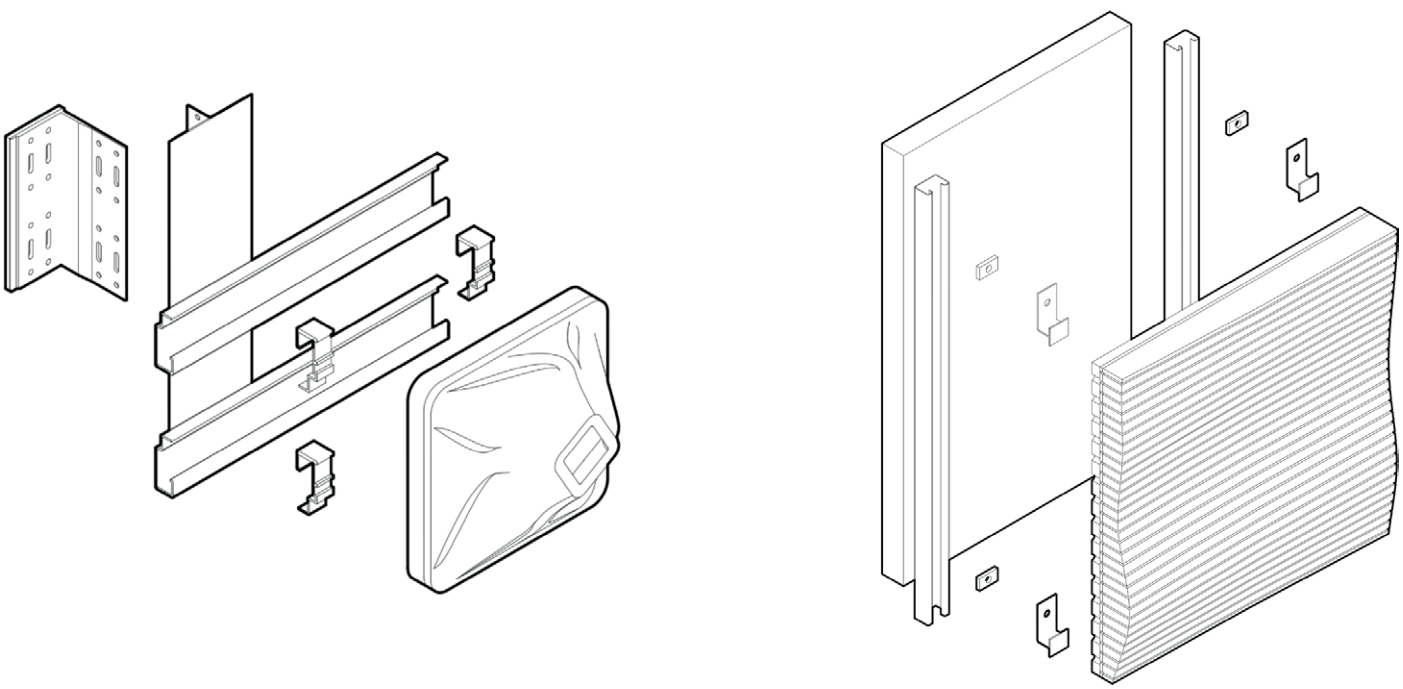
06 | Alcuni studi inerenti l'analisi dei sistemi di aggancio delle tiles REVERSING realizzate con processi di AM, elaborazione da parte degli autori
Some studies concerning the analysis of tile attachment systems realised with AM processes, author's elaboration

05 |

Conclusioni

Nei prossimi decenni, il settore delle costruzioni dovrà affrontare una tempesta perfetta: soddisfare la crescente domanda di nuovi edifici e infrastrutture, soprattutto nei paesi in via di sviluppo; gestire i processi di manutenzione e rigenerazione del patrimonio esistente del mondo occidentale; adottare pratiche circolari per azzerare le emissioni di CO_2 e ottimizzare i processi produttivi a scala globale.
Rispetto a questa prospettiva futura la diffusione e la standardizzazione dei processi di AM e di approcci produttivi integrati guidati da tecniche di *Computational Intelligence* determinano progressi sostanziali a sostegno della transizione sostenibile del settore edilizio. Dal punto di vista sociale, le macchine replicanti potranno mitigare la carenza di manodopera e migliorare la sicurezza nei cantieri, ma comporteranno cambiamenti significativi che richiederanno il coinvolgimento di tutti gli attori del processo edilizio, chiamati a gestire l'innovazione sviluppando protocolli tecnico-normativi per regolamentare sicurezza, protezione dei dati e integrazione della manodopera, garantendo una diffusione equa e responsabile della robotica autonoma.
La ricerca REVERSING affronta queste sfide, promuovendo a scala locale l'innovazione delle filiere di produzione di sistemi di facciata prefabbricati, mediante la realizzazione e la commercializzazione di sistemi di involucro innovativi, realizzati adottando processi produttivi di stampa additiva e *mass customization* e ispirati ai temi della *blue economy* per incidere

06 |



positivamente sui modelli aziendali e organizzativi dei partner industriali coinvolti e sugli indotti produttivi a cui essi fanno riferimento.
Può essere considerato promettente che i risultati conseguiti, alcuni dei quali presentati in queste pagine, abbiano già suscitato l'interesse di attori esterni al parternariato, portando al finanziamento della ricerca di dottorato R3NEW[7] e del progetto di *Public Engagement Urban Bloomers*[8] finalizzati a sviluppare dei prototipi di apparato murario realizzati con processi di 3DP che saranno installati e monitorati in 2 edifici scolastici del Comune di Firenze con l'obiettivo di dimostrare come i processi e la diffusione di nuove conoscenze e pratiche responsabili possano essere utili ad affrontare le transizioni socio-ecologiche nel medio e lungo periodo e le sfide della scienza aperta per il prossimo futuro.

ATTRIBUZIONI E RICONOSCIMENTI

Questo articolo è stato sviluppato nell'ambito del progetto REVERSING ("Regenerative EnVelopE foR deep regeneration of School and office buildings"), finanziato dal Fondo di Sviluppo Regionale 2021-2027 di cui è coordinatrice scientifica la prof.ssa R. Romano. Si ringraziano tutti i partner coinvolti nell'attività di ricerca, in particolare Luciano Cantini di Kentstrapper per il supporto dato nello sviluppo dei sistemi realizzati con processi di Manifattura Additiva.

L'articolo è stato redatto in modo congiunto dai due autori. Tuttavia: alla prof.ssa R. Romano (che ha curato la revisione dei contributi) possono essere attribuiti i paragrafi Introduzione, il progetto Reversing e Componenti REVERSING realizzati con processi di Manifattura Additiva; alla dott. ssa E. Mazzoni (che si è occupata della redazione generale dei contenuti) possono essere attribuiti i paragrafi: Manifattura Additiva e trasferimento tecnologico *market oriented* e Conclusioni.

NOTE

[1] https://research-and-innovation.ec.europa.eu/funding/funding-opportunities/funding-programmes-and-open-calls/horizon-europe_en

[2] https://new-european-bauhaus.europa.eu/index_en

[3] https://www.regione.toscana.it/verso-la-strategia-di-specializzazione-intelligente-2021-2027

[4] https://www.regione.toscana.it/agenda-2030-verso-una-toscana-sostenibile

[5] https://patents.google.com/patent/US5529471A/en

[6] RepRap (*Replicating Rapid Prototyper*), concepito come un sistema robotico completo, comprendente software CAD e CAM, oltre a driver per convertire i progetti in istruzioni per la stampa fisica. Tutti i contenuti sono stati rilasciati con licenze *open source*, promuovendo la diffusione della conoscenza, l'accesso democratico e l'innovazione rapida, con l'obiettivo di favorire un cambio di paradigma: dalla produzione centralizzata e brevettata alla fabbricazione personale, aperta e non proprietaria (Kantaros, 2024).

[7] Il progetto di ricerca di dottorato R3NEW - *Restorative 3D-Printed Envelope for New Environments in Public Building Renovation*, è stato co-finanziato dal Comune di Firenze nell'ambito del bando borse di Dottorato XXXIX CICLO su fondi PNRR. La ricerca, condotta dalla dott.ssa E. Mazzoni con la supervisione delle prof.sse R. Romano (DIDA, UNIFI) e M. Turrin (BK&T, TU Delft) mira a sviluppare sottocomponenti di involucro edilizio multi-prestazionali mediante l'utilizzo di tecnologie di 3DP per la stampa di materiali naturali e metodologie di *Computational Intelligence*, al fine di esplorare configurazioni geometriche innovative che migliorino l'efficienza energetica degli edifici, favorendo al contempo l'integrazione di consorzi vegetali per il ripristino della biodiversità urbana e il miglioramento del comfort microclimatico.

[8] https://www.urbanbloomers.unifi.it/ *Urban Bloomers* è un progetto di Public Engagement inter e trans-disciplinare, sviluppato in collaborazione tra 3 Dipartimenti dell'Università di Firenze (DIDA, BIO e DAGRI), 2 Pubbliche Amministrazioni (Regione Toscana e Comune di Firenze), 2 SME locali (Kentstrapper e R3direct), e 2 associazioni nazionali (Accademia Italiana

structure, particularly in developing countries; managing the maintenance and regeneration of the existing building stock in the Western world; and adopting circular practices to achieve net-zero CO_2 emissions and optimise production processes on a global scale.
In light of this future outlook, the widespread adoption and standardisation of AM processes and integrated production approaches driven by computational intelligence techniques will bring substantial advancements to support the construction industry's sustainable transition.
From a social perspective, replicating machines could mitigate labour shortages and improve safety on construction sites. However, they will also entail significant changes requiring the involvement of all actors in the construction process, who must manage innovation by developing technical and regulatory protocols to govern safety, data protection, and workforce integration, ensuring the equitable and responsible deployment of autonomous robotics.
The REVERSING research project addresses these challenges by fostering local-scale innovation in the production chains of prefabricated façade systems through developing and commercialising innovative envelope systems. These systems are produced using additive manufacturing and mass customisation processes. They are inspired by blue economy principles to positively impact the business and organisational models of the industrial partners involved and their associated production ecosystems.
It is promising that the results, some of which are presented here, have already attracted interest from external stakeholders beyond the partnership. This has led to funding for the doctoral research project R3NEW[7] and the Public Engagement initiative Urban Bloomers[8], aimed at creating prototypes of wall assemblies manufactured through 3DP processes. These prototypes will be installed and monitored in two school buildings in the Municipality of Florence to demonstrate how processes and disseminating new knowledge and responsible practices can effectively address socio-ecological transitions over the medium and long term, and the challenges of open science.

ATTRIBUTIONS AND ACKNOWLEDGMENTS

This paper was developed within the framework of the REVERSING project ("Regenerative EnVelopE for deep regeneration of School and office buildings"), funded by the 2021-2027 Regional Development Fund, with Professor R. Romano serving as the scientific coordinator. The authors thank all partners involved in the research activities, particularly Luciano Cantini of Kentstrapper, for his support in developing systems produced through Additive Manufacturing processes.
Both contributors jointly authored the paper. However, the following attribution applies: Professor R. Romano, who oversaw the review of contributions, is responsible for the sections Introduction, the REVERSING project, and REVERSING components created through Additive Manufacturing processes; Dr. E. Mazzoni, who managed the overall drafting of the content, is responsible for the sections Additive Manufacturing and Market-Oriented Technology Transfer, and Conclusions.

di Scienze Forestali e Citizen Science Italia) e sarà sviluppato grazie al al finanziamento ottenuto nell'ambito del bando UNIFI EXTRA 2025 dell'Università di Firenze.

REFERENCES

Alzarrad, M. A., and Elhouar, S. (2019), "3D Printing Applications in Construction from the Past and into the Future", in *Proceedings of the Creative Construction Conference 2019*, available at: https://doi.org/10.3311/CCC2019-103 (Accessed on 02/03/2025).

Curth, A. (2022), "Slip Forming to Construction 3D Printing: The early history of Large-Scale Additive Manufacturing", *ICI Journal*, Vol. 23, pp. 16-20.

Deckard, C. R. (1997), *Apparatus for producing parts by selective sintering (U.S. Patent No. 5,597,*589), U.S. Patent and Trademark Office, available at: https://patents.google.com/patent/US5597589A/en (Accessed on 02/03/2025).

EIC - European Innovation Council (2024), *EIC Tech Report. BACKING VISIONARY ENTREPRENEURS*, available at: https://eic.ec.europa.eu/document/download/6db51313-d1d5-4866-be94-ac7cee6dfb77_en?filename=EIC-tech-report-2024.pdf (Accessed on 02/03/2025).

EC - European Commission (2019), *The European Green Deal (COM/2019/640 final). European Commission*,_ available at: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52019DC0640 (Accessed on 02/03/2025).

EC - European Commission (2020), *NextGenerationEU. European Commission*, https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/eu-budget/eu-borrower-investor-relations/nextgenerationeu_en (Accessed on 02/03/2025).

European Union (2020), *Knowledge Transfer Metrics. Towards a European–wide set of harmonised indicators*, available at: https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC120716 (Accessed on 02/03/2025).

Hull, C. W. (1984). *Apparatus for production of three-dimensional objects by stereolithography,* United States Patent, Appl., No. 638905, Filed, available at: https://patents.google.com/patent/US4575330A/en (Accessed on 03/03/2025).

Al Jassmi, H., Al Najjar, F. and Mourad, A.-H.I. (2018), "Large-Scale 3D Printing: The Way Forward", *Proceedings of the 5th International Conference on Mechanical Engineering, Materials Science and Civil Engineering*, Kuala Lumpur, Malaysia, 15–16 December 2017, *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, Vol. 324, IOP Publishing, Article 012088, available at: https://doi.org/10.1088/1757-899X/324/1/012088 (Accessed on 03/03/2025)._

Kantaros, A. (2024), "Intellectual Property challenges in the age of 3D Printing: Navigating the digital copycat dilemma", *Applied Sciences*, Vol. 14(23), 11448, available at: https://doi.org/10.3390/app142311448 (Accessed on 03/03/2025).

Khoshnevis, B. (2004), "Automated construction by contour crafting-related robotics and information technologies", *Automation in Construction*, Vol. 13(1), pp. 5-19, available at: https://doi.org/10.1016/j.autcon.2003.08.012 (Accessed on 03/03/2025).

Romano, R., AND Mazzoni, E. (2025), "Sustainability performance analysis of innovative small-scale 3D printed envelope sub-components", *International Journal of Sustainable Building Technology and Urban Development*, vol. 16(1), pp. 111-140, available at: https://doi.org/10.22712/susb.20250008 (Accessed on 15/04/2025).

Wu, P., Wang, J., AND Wang, X. (2016), "A critical review of the use of 3-D printing in the construction industry", *Automation in Construction*, Vol. 68, pp. 21-31, available at: https://doi.org/10.1016/j.autcon.2016.04.005 (Accessed on 03/03/2025).

NOTES

[1] https://research-and-innovation.ec.europa.eu/funding/funding-opportunities/funding-programmes-and-open-calls/horizon-europe_en

[2] https://new-european-bauhaus.europa.eu/index_en

[3] https://www.regione.toscana.it/verso-la-strategia-di-specializzazione-intelligente-2021-2027

[4] https://www.regione.toscana.it/agenda-2030-verso-una-toscana-sostenibile

[5] https://patents.google.com/patent/US5529471A/en

[6] RepRap (Replicating Rapid Prototyper) was conceived as a complete robotic system, including CAD and CAM software as well as drivers for converting digital designs into instructions for physical printing. All content was released under open-source licenses, fostering knowledge dissemination, democratic access, and rapid innovation, with the aim of promoting a paradigm shift—from centralised, proprietary manufacturing to open, non-proprietary personal fabrication (Kantaros, 2024).

[7] The doctoral research project R3NEW - Restorative 3D-Printed Envelope for New Environments in Public Building Renovation, has been co-funded by the Municipality of Florence in the framework of the XXXIX CYCLE doctoral scholarship call on PNRR funds. The research, conducted by Dr. E. Mazzoni with the supervision of profs. Romano (DIDA, UNIFI) and M. Turrin (BK&T, TU Delft), aims at developing multi-purpose building envelope sub-components through the use of 3DP technologies for the printing of natural materials and Computational Intelligence methodologies. The purpose is to explore innovative geometric configurations that improve the energy efficiency of buildings, while favouring the integration of plant consortia for the restoration of urban biodiversity and the improvement of microclimatic comfort.

[8] https://www.urbanbloomers.unifi.it/ Urban Bloomers is an inter- and trans-disciplinary *Public Engagement project*, developed in collaboration between 3 Departments of the University of Florence (DIDA, BIO and DAGRI), 2 Public Administrations (Tuscany Region and Municipality of Florence), 2 local SMEs (Kentstrapper and R3direct), and 2 national associations (Accademia Italiana di Scienze Forestali and Citizen Science Italia), and will be developed thanks to the funding of the UNIFI EXTRA 2025 by the University of Florence.

IMPRESA E SOCIETÀ PER LA TRASFORMAZIONE SOSTENIBILE DELL'AMBIENTE COSTRUITO. UN NUOVO ORIZZONTE EPISTEMOLOGICO E OPERATIVO

a cura di/*edited by* **Antonella Violano,** https://orcid.org/0000-0002-5313-3988

Un Dialogo di/*A Dialogue of* **Antonella Violano**[1] *con/with* **Giovanni Lombardi**[2]
[1] Università degli Studi della Campania "L. Vanvitelli", Dipartimento di Architettura e Disegno Industriale, Italia
[2] Fondatore e Presidente della Tecno S.p.A. S.B.

Antonella Violano. La crescente complessità delle sfide globali – ambientali, sociali, tecnologiche – sta ridefinendo in modo strutturale i paradigmi della ricerca scientifica e il ruolo degli attori della transizione che ne sono protagonisti. In questo contesto dinamico, non è più sufficiente pensare al trasferimento tecnologico come una traslazione lineare e *top-down* di conoscenze dal mondo accademico al sistema produttivo. Al contrario, esso si configura oggi come un processo sistemico, multilivello e interattivo, fondato su relazioni stabili e circolari tra soggetti differenti, portatori di diverse istanze in alcuni casi anche conflittuali. Questo mutato approccio riflette le ragioni della transizione da un modello di innovazione basato sulla Tripla Elica – centrato sulla sinergia tra Università, Stato e Impresa – verso un paradigma più inclusivo e reticolare, rappresentato dalla Quintupla Elica (Barth, 2011), che integra esplicitamente la società civile e l'ambiente quali "attori" proattivi della produzione e applicazione della conoscenza come bene primario. In tale prospettiva, l'innovazione non nasce più esclusivamente nei laboratori universitari o nei centri di R&S industriali, ma si alimenta in una pluralità di contesti dove saperi scientifici e tecnologici si ibridano con pratiche territoriali, istanze sociali e forme emergenti di cittadinanza attiva. All'interno di un rinnovato orizzonte epistemologico e operativo, il trasferimento tecnologico si estende ben oltre la valorizzazione tradizionale di brevetti, *spin-off* o *start-up* accademiche: esso si manifesta in pratiche collaborative di co-creazione, consulenza esperta, progettazione condivisa e innovazione di processo, in grado di generare impatti misurabili e valore condiviso. La sua efficacia non può più essere valutata solo in termini di *output* quantitativi, ma si misura nella capacità di generare *outcome* ambientali, economici, culturali e sociali, attraverso l'adozione di indicatori riconoscibili e condivisi anche al di fuori dell'accademia.
La trasformazione in atto richiede un ripensamento sostanziale degli approcci valutativi e delle metriche di performance, spostando l'attenzione non solo sulla capacità di tradurre i risultati della ricerca scientifica in interventi utili della società civile, ma anche sulla necessità di attivare processi di costruzione condivisa di soluzioni trasformative, radicate nell'interazione tra saperi esperti e istanze collettive. Solo in tale cornice la ricerca può farsi davvero agente di cambiamento e il trasferimento tecnologico strumento autentico di rigenerazione socio-territoriale.
Promuovere la nuova cultura del trasferimento tecnologico, non come strumento di mera valorizzazione economica della ricerca scientifica, ma come catalizzatore di innovazione sostenibile e inclusiva, costituisce un cambio di paradigma culturale che riconosce il valore delle interazioni tra ricerca e impresa, e che attribuisce pari dignità all'azione trasformativa esercitata tanto dai centri di ricerca quanto dalle *knowledge-intensive enterprise*, nella costruzione condivisa di un futuro responsabile.
In questo scenario, complesso ma ricco di potenzialità, il trasferimento tecnologico emerge non solo come leva strategica per l'innovazione, ma come spazio di confronto concreto tra saperi,

BUSINESS AND SOCIETY FOR THE SUSTAINABLE TRANSFORMATION OF THE BUILT ENVIRONMENT. A NEW EPISTEMOLOGICAL AND OPERATIONAL HORIZON

Antonella Violano. The increasing complexity of global challenges – environmental, social, technological – is fundamentally reshaping the paradigms of scientific research and the roles of the stakeholders involved in the transition. In this dynamic context, it is no longer sufficient to conceptualise technology transfer as a linear, top-down transfer of knowledge from academia to the production system. Instead, it is now considered to be a systemic, multi-level and interactive process based on stable and circular relationships between different actors with different, and in some cases conflicting, interests. This shift in approach is indicative of the underlying factors that have led to the transition from a model of innovation based on the Triple Helix – a concept centred on the synergy between universities, the state, and business – to a more inclusive and networked paradigm, represented by the Quintuple Helix. The Quintuple Helix (Barth, 2011) explicitly integrates civil society and the environment as proactive "actors" in the production and application of knowledge as a primary good. In this perspective, innovation no longer arises exclusively in university laboratories or industrial R&D centres. Instead, it is fuelled by a variety of contexts where scientific and technological knowledge hybridises with local practices, social demands and emerging forms of active citizenship. In the context of a renewed epistemological and operational framework, technology transfer transcends the conventional valorisation of patents, spin-offs and academic start-ups. It materialises through collaborative practices of co-creation, expert advice, shared design and process innovation, with the capacity to generate quantifiable impacts and shared value. Its effectiveness can no longer be assessed solely in terms of quantitative output, but rather in its ability to generate environmental, economic, cultural and social outcomes through the adoption of indicators that are recognisable and shared outside academia.
The present transformation necessitates a substantial rethinking of evaluation approaches and performance metrics, with the focus being shifted not only to the ability to translate scientific research results into useful interventions for civil society, but also to the need to activate processes for the shared construction of transformative solutions, rooted in the interaction between expert knowledge and collective demands. It is within this particular context that research can genuinely serve as an agent of change, with technology transfer emerging as

ISSN online: 2239-0243 | © 2025 Author(s) | http://www.fupress.com/techne | DOI: 10.36253/techne-18305
Open access, peer-reviewed article published by Firenze University Press (https://www.fupress.com) and distributed, except where otherwise noted, under the terms of the CC BY 4.0 License for content and CC0 1.0 Universal for metadata

esperienze e responsabilità condivise. È in questa prospettiva che si inserisce il dialogo con Giovanni Lombardi, che ringrazio per aver accolto l'invito a condividere riflessioni e pratiche maturate sul campo.

A.V. *I nuovi orizzonti della ricerca si delineano sempre più al di fuori dei confini disciplinari e istituzionali tradizionali, secondo logiche in cui la cooperazione tra università, impresa e società civile – sostenuta da un pensiero critico e da pratiche metodologiche ibride – rappresenta non solo una necessità sistemica, ma anche una potente leva per affrontare le transizioni socio-ecologiche e per rigenerare, in modo consapevole, l'ambiente costruito e la società civile.*
Nel contesto delle attuali trasformazioni ambientali, tecnologiche e sociali, l'innovazione non può più essere intesa come il risultato di processi lineari e autoreferenziali, bensì come l'esito dinamico di relazioni complesse tra attori spesso portatori di istanze eterogenee, che operano a diverse scale sul territorio. Si afferma così una concezione sistemica dell'innovazione, in cui la produzione e l'applicazione della conoscenza avvengono attraverso interazioni reticolari tra università, imprese e comunità locali, configurando veri e propri ecosistemi cooperativi orientati alla rigenerazione sostenibile dei territori.
In questo scenario, le imprese attive sul territorio, in particolare quelle ad alta intensità di conoscenza e con una vocazione alla sostenibilità digitale, svolgono un ruolo strategico non solo come fornitrici di soluzioni tecnologiche, ma come agenti di cambiamento capaci di attivare nuove forme di governance collaborativa (Circular Economy Network e Fondazione per lo sviluppo sostenibile, 2025). Tali imprese non si limitano a implementare innovazione, ma contribuiscono alla fecondazione di politiche pubbliche, alla configurazione di infrastrutture cognitive e operative e alla costruzione di modelli decisionali più trasparenti, inclusivi e adattivi. La loro capacità di agire come interfacce attive tra sapere tecnico e bisogni sociali le colloca in una posizione privilegiata nei processi di trasformazione dei contesti locali. Attraverso relazioni consolidate con università, enti pubblici e stakeholder della società civile, esse rendono possibile un trasferimento tecnologico che non è solo tecnico, ma culturale e politico, perché genera senso di appartenenza, consapevolezza (che è un concetto al quale sono particolarmente legata), legittimazione e benefici automoltiplicativi.
Da questo punto di vista, interrogarsi sul ruolo delle imprese nei modelli di innovazione basati sulla "quintupla elica" significa riconoscere il loro contributo nel promuovere ecosistemi territoriali resilienti, capaci di integrare intelligenza tecnologica e sensibilità ambientale, per affrontare le sfide della transizione ecologica e digitale. Nella vostra esperienza di impresa innovativa meridionale quotata in borsa, quali pratiche avete attivato per facilitare il dialogo strutturato tra università e impresa? E in che misura ritenete che tali pratiche possano contribuire all'implementazione di nuovi modelli di sviluppo territoriale sostenibile, in coerenza con l'Agenda 2030 e le traiettorie del PNRR? Urge una riflessione culturale sul ruolo delle imprese nella trasformazione dei territori.
Giovanni Lombardi. Nella nostra esperienza, costruire una reale connessione tra il mondo della ricerca e l'impresa non è un obiettivo astratto, ma una condizione necessaria per generare percorsi di sviluppo sostenibile che abbiano radicamento territoriale e visione sistemica. In questo senso, il nostro impegno si è concretizzato nella promozione di pratiche di collaborazione

an authentic tool for socio-territorial regeneration. The promotion of a new culture of technology transfer is proposed, which is not merely a tool for the economic exploitation of scientific research, but rather a catalyst for sustainable and inclusive innovation. This constitutes a cultural paradigm shift that recognises the value of interactions between research and business, and that attributes equal dignity to the transformative action exercised by both research centres and knowledge-intensive enterprises in the shared construction of a responsible future. In this intricate yet potentially fruitful scenario, technology transfer emerges not only as a strategic lever for innovation, but also as a domain for concrete exchange between knowledge, experience and shared responsibilities. It is within this framework that the discourse with Giovanni Lombardi unfolds, to whom I extend my gratitude for his willingness to contribute his insights and methodologies derived from his experiential engagement with the subject.

A.V. *New horizons in research are increasingly emerging beyond traditional disciplinary and institutional boundaries, according to a logic in which cooperation between universities, businesses and civil society – supported by critical thinking and hybrid methodological practices – represents not only a systemic necessity, but also a powerful lever for addressing socio-ecological transitions and consciously regenerating the built environment and civil society.*
In the context of contemporary environmental, technological and social transformations, innovation can no longer be conceived of as the result of linear and self-referential processes, but rather as the dynamic outcome of complex relationships between actors who often have heterogeneous demands and operate at different scales on the territory. This gives rise to a systemic concept of innovation, in which the production and application of knowledge take place through networked interactions between universities, businesses and local communities, forming genuine cooperative ecosystems geared towards the sustainable regeneration of territories.
In this scenario, companies operating in the area, particularly those that are knowledge-intensive and committed to digital sustainability, carry out a strategic role not only as suppliers of technological solutions, but also as agents of change capable of activating new shapes of collaborative governance (Circular Economy Network e Fondazione per lo sviluppo sostenibile, 2025). These companies do not merely implement innovation, but contribute to the fertilisation of public policies, the configuration of cognitive and operational infrastructures, and the construction of more transparent, inclusive and adaptive decision-making models. Their ability to act as active interfaces between technical knowledge and social needs places them in a privileged position in the transformation processes of local contexts. Through established relationships with universities, public bodies and civil society stakeholders, they enable a transfer of technology that is not only technical but also cultural and political, because it generates a sense of belonging, awareness (a concept I am particularly attached to), legitimacy and self-multiplying benefits.
From this point of view, looking at the role of businesses in innovation models based on the "quintuple helix" means

che cercano di superare la frammentazione delle competenze, dando forma a una rete di relazioni continuative fondate sulla condivisione degli obiettivi e sulla convergenza delle responsabilità. L'avvio, nel 2021, del Polo della Sostenibilità ha rappresentato per noi un passo in questa direzione: uno spazio non solo fisico, ma soprattutto culturale, dove università, PMI e istituti di credito si incontrano per sperimentare modelli di interazione, innovazione e finanza sostenibile.
Questa stessa logica ha guidato la nostra partecipazione a contesti di confronto pubblico, come nel caso delle iniziative promosse all'interno di fiere come Ecomondo, dove il dialogo ha alimentato una riflessione congiunta sulle strategie per affrontare le sfide ambientali e digitali. In questi ambiti, ciò che riteniamo più rilevante non è l'esposizione di soluzioni precostituite, ma la possibilità di contribuire alla costruzione di un linguaggio comune e di un metodo di lavoro condiviso.
Lungo questa traiettoria si collocano anche i nostri sforzi nella realizzazione di strumenti digitali di misurazione e supporto decisionale, come i sistemi di monitoraggio dei consumi o le piattaforme per l'*assessment ESG*, che nascono dal confronto con università e *stakeholder* territoriali. Più che soluzioni tecniche, questi strumenti rappresentano per noi dispositivi culturali: offrono, cioè, una grammatica operativa per ripensare le pratiche gestionali in una prospettiva di responsabilità ambientale e trasparenza valutativa.
Crediamo che pratiche di questo tipo, se radicate nei contesti e rese accessibili attraverso modelli replicabili, possano effettivamente contribuire alla realizzazione di nuove forme di sviluppo sostenibile, in coerenza con le direttrici dell'Agenda 2030 e con le finalità strategiche del PNRR. Non si tratta solo di fornire strumenti, ma di partecipare a un cambiamento di paradigma, in cui l'impresa non è più un soggetto esterno rispetto ai processi di governance territoriale, ma un attore coinvolto nella co-costruzione delle condizioni necessarie per affrontare, in modo integrato, la transizione digitale ed ecologica. In questo senso, l'innovazione non è per noi un fine, ma una forma di relazione con il territorio e con le sue comunità, che trova nella cultura della collaborazione la sua principale risorsa trasformativa.

A.V. *Nel contesto delle attuali transizioni socio-ecologiche, caratterizzate da crescente incertezza sistemica e molteplicità di attori coinvolti, i processi decisionali e valutativi richiedono un ripensamento radicale degli strumenti conoscitivi a disposizione delle comunità territoriali. L'innovazione digitale, intesa come infrastruttura epistemica diffusa, non si configura soltanto come mezzo tecnico-operativo per l'ottimizzazione dei servizi, ma come leva strategica capace di generare nuove forme di razionalità valutativa e nuove modalità di costruzione del consenso, orientate alla sostenibilità. In particolare, le tecnologie digitali di monitoraggio ambientale, analisi predittiva e supporto decisionale forniscono un ecosistema informativo dinamico e adattivo, che consente di superare le tradizionali dicotomie tra dato quantitativo e giudizio qualitativo, tra controllo tecnico e partecipazione democratica. Tali sistemi, se progettati in chiave relazionale e aperta, possono alimentare processi di co-produzione del sapere e accountability diffusa, facilitando decisioni fondate su evidenze plurime e trasparenti, in grado di integrare istanze ambientali, economiche, sociali e culturali. Nel contesto attuale, la crescente complessità delle sfide ambientali richiede un approccio basato su grandi moli di dati raccolti in tempo reale (environmental big*

recognising their contribution to promoting resilient local ecosystems that can combine tech smarts and environmental awareness to tackle the challenges of the green and digital transitions. In your experience as an innovative southern Italian company listed on the stock exchange, what practices have you implemented to facilitate structured dialogue between universities and businesses? To what extent do you consider that these practices can contribute to the implementation of new models of sustainable territorial development, in line with the 2030 Agenda and the trajectories of the PNRR? There is an urgent need for cultural reflection on the role of businesses in the transformation of territories.
Giovanni Lombardi. In our experience as a southern Italian company, building a real connection between the world of research and business is not an abstract goal, but a necessary condition for generating sustainable development paths that are rooted in the territory and have a systemic vision. In this sense, our commitment has taken the form of promoting collaborative practices that seek to overcome the fragmentation of skills, giving shape to a network of ongoing relationships based on shared objectives and converging responsibilities. The launch of the Sustainability Hub in 2021 represented a step in this direction for us: a space that is not only physical but above all cultural, where universities, SMEs and credit institutions come together to experiment with models of interaction and innovation. This same logic has guided our participation in public forums, such as the initiatives promoted at trade fairs such as Ecomondo, where dialogue has fuelled joint reflection on strategies to address environmental and digital challenges. In these areas, what we consider most important is not the presentation of ready-made solutions, but the opportunity to contribute to the construction of a common language and a shared working method.
Our efforts to develop digital measurement and decision-making support tools, such as consumption monitoring systems and ESG assessment platforms, which are the result of collaboration with universities and local stakeholders, are also part of this trajectory. More than technical solutions, these tools represent cultural devices for us: they offer an operational grammar for rethinking management practices from a perspective of environmental responsibility and evaluative transparency.
We believe that practices of this kind, if rooted in their contexts and made accessible through replicable models, can effectively contribute to the creation of new shapes of sustainable development, in line with the guidelines of the 2030 Agenda and the strategic objectives of the PNRR. It is not just a question of providing tools, but of participating in a paradigm shift, in which the company is no longer an external entity with respect to territorial governance processes, but a player involved in co-constructing the conditions necessary to tackle the digital and ecological transition in an integrated manner. In this sense, innovation is not an end in itself for us, but a way of relating to the territory and its communities, which finds its main transformative resource in the culture of collaboration.

A.V. *In the current socio-ecological transitions, characterised by growing systemic uncertainty and a multiplicity*

data). Tali strumenti permettono di identificare tempestivamente anomalie ecologiche, modellare scenari futuri e supportare decisioni rapide, volte alla tutela degli ecosistemi, alla sostenibilità territoriale e alla sicurezza e qualità della vita dei cittadini. In che modo i vostri sistemi integrati di monitoraggio ambientale – che combinano sensoristica avanzata, raccolta in tempo reale e analisi predittive – sono concepiti non solo per garantire accuratezza e tempestività nella raccolta dei dati, ma anche per prendere decisioni più informate e responsabili, contribuendo a rafforzare la trasparenza e la qualità delle azioni sul territorio a tutela del cittadino?

G.L. L'integrazione di tecnologie digitali per il monitoraggio ambientale rappresenta oggi una componente essenziale per processi decisionali fondati su evidenze affidabili. Le soluzioni che sviluppiamo si basano su sistemi in grado di acquisire e analizzare in tempo reale dati complessi attraverso sensori e piattaforme digitali, trasformandoli in informazioni leggibili e funzionali alla pianificazione strategica. Questo approccio permette non solo di garantire accuratezza e tempestività nella raccolta dei dati, ma anche di supportare una *governance* orientata alla trasparenza e alla tracciabilità, condizioni indispensabili per una gestione sostenibile.

Un esempio applicativo riguarda la collaborazione con la Questura di Barletta-Andria-Trani per lo sviluppo del progetto BatCam, dedicato alla geolocalizzazione e gestione integrata dei sistemi di videosorveglianza sul territorio. Pur non riferendosi a parametri energetici, questo caso evidenzia come l'uso dei dati digitali possa migliorare l'efficienza dei servizi pubblici e rafforzare la responsabilità condivisa tra istituzioni e cittadini. In questa prospettiva, l'obiettivo non è soltanto tecnico, ma culturale: promuovere un modello decisionale capace di combinare innovazione digitale e *accountability* sociale, orientando le politiche locali verso soluzioni sostenibili e inclusive. Crediamo che la co-produzione del dato e la condivisione delle conoscenze siano fattori chiave per costruire ecosistemi decisionali più informati e partecipativi, in linea con le traiettorie indicate dalle strategie europee per l'innovazione responsabile.

A.V. *Nel quadro delle attuali trasformazioni della ricerca applicata e della Terza Missione universitaria, si rende sempre più urgente la definizione di strumenti rigorosi per misurare l'efficacia reale delle pratiche di trasferimento tecnologico. La produzione di conoscenza e innovazione non può essere considerata compiuta se non è accompagnata da evidenze valutabili, capaci di documentare in modo trasparente gli impatti generati nei contesti in cui tali conoscenze vengono applicate.*

L'invito a superare una visione descrittiva e autocelebrativa del trasferimento tecnologico, a favore di una prospettiva sistemica e replicabile, in cui gli outcome (sociali, ambientali, culturali ed economici) siano oggettivamente verificabili attraverso indicatori riconosciuti e confrontabili, promosso anche dalle Knowledge Transfer Metrics della Commissione Europea, consente non solo di rendere comparabili i risultati tra progetti, territori e attori, ma anche di costruire modelli trasferibili, adattabili a ecosistemi diversi, e capaci di orientare politiche pubbliche, investimenti e decisioni strategiche (Tucci, 2025).

In questo scenario, le imprese ad alta intensità di conoscenza, come TECNO, sono chiamate a contribuire attivamente alla definizione di nuovi modelli gestionali, capaci di coniugare rigore scientifico e adattabilità operativa. La possibilità di quantificare

of actors involved, decision-making and evaluation processes require a radical rethinking of the knowledge tools available to local communities. Digital innovation, understood as a widespread epistemic infrastructure, is not only a technical and operational means for optimising services, but also a strategic lever capable of generating new shapes of evaluative rationality and new ways of building consensus, oriented towards sustainability. In particular, digital technologies for environmental monitoring, predictive analysis and decision support provide a dynamic and adaptive information ecosystem that makes it possible to overcome the traditional dichotomies between quantitative data and qualitative judgement, between technical control and democratic participation. If designed in a relational and open manner, these systems can fuel processes of knowledge co-production and widespread accountability, facilitating decisions based on multiple and transparent evidence, capable of integrating environmental, economic, social and cultural issues. In the current context, the growing complexity of environmental challenges requires an approach based on large amounts of data collected in real time (environmental big data). These tools make it possible to identify ecological anomalies in a timely manner, model future scenarios and support rapid decisions aimed at protecting ecosystems, territorial sustainability and the safety and quality of life of citizens. How are your integrated environmental monitoring systems – which combine advanced sensors, real-time collection and predictive analysis – designed not only to ensure accuracy and timeliness in data collection, but also to enable more informed and responsible decision-making, helping to strengthen the transparency and quality of actions taken in the territory to safeguard citizens?

G.L. The integration of digital technologies for environmental monitoring is now an essential component of decision-making processes based on reliable evidence. The solutions we develop are based on systems capable of acquiring and analysing complex data in real time through sensors and digital platforms, transforming it into readable information that can be used for strategic planning. This approach not only ensures accuracy and timeliness in data collection, but also supports governance oriented towards transparency and traceability, which are essential conditions for sustainable management.

One example of this is our collaboration with the Barletta-Andria-Trani Police Headquarters on the development of the BatCam system, dedicated to the geolocation and integrated management of video surveillance systems in the area. Although not related to energy parameters, this case highlights how the use of digital data can improve the efficiency of public services and strengthen shared responsibility between institutions and citizens.

In this perspective, the objective is not only technical but also cultural: to promote a decision-making model capable of combining digital innovation and social accountability, orienting local policies towards sustainable and inclusive solutions. We believe that data co-production and knowledge sharing are key factors in building more informed and participatory decision-making ecosystems, in line with the trajectories indicated by European strategies for responsible innovation.

e documentare con precisione le ricadute ambientali, economiche e sociali delle tecnologie adottate, rappresenta oggi una condizione indispensabile per legittimare il valore del trasferimento tecnologico e renderlo effettivamente sostenibile, riproducibile e scalabile.

Considerata la vostra vocazione allo sviluppo eco-digitale e alla sostenibilità, si può riuscire a coniugare l'analisi dei consumi energetici con la promozione di una cultura della responsabilità nella gestione dell'energia? In che modo i dati raccolti possono essere trasformati in strumenti utili a supportare decisioni consapevoli e modelli gestionali sostenibili, misurabili e replicabili nei diversi contesti?

G.L. La misurabilità dei consumi energetici e degli impatti ambientali costituisce oggi un presupposto imprescindibile per qualsiasi modello gestionale orientato alla sostenibilità. In questa prospettiva, le soluzioni digitali che sviluppiamo sono concepite per consentire il monitoraggio in tempo reale e la lettura analitica di dati complessi, trasformandoli in strumenti di supporto alle decisioni. La possibilità di integrare tali informazioni in cruscotti trasparenti e condivisi permette di superare approcci frammentari, favorendo la definizione di strategie basate su evidenze oggettive e replicabili in diversi contesti.

L'obiettivo non si limita alla dimensione tecnologica, ma si estende alla promozione di una cultura della responsabilità e della tracciabilità, in linea con le più recenti direttive europee e con gli orientamenti delle politiche internazionali in materia di transizione ecologica. La misurabilità degli esiti, attraverso indicatori verificabili, consente infatti di trasformare i dati in leve strategiche per modelli di governance sostenibile, capaci di generare impatti documentabili non solo sul piano energetico, ma anche sul piano economico e sociale. Questi strumenti rispondono alle logiche proposte dalle *Knowledge Transfer Metrics* europee (Campbell et al, 2022), favorendo la comparabilità dei risultati e la replicabilità dei modelli in contesti diversi. L'attenzione agli strumenti di valutazione si colloca inoltre in un quadro più ampio di innovazione sistemica, che vede il trasferimento tecnologico come catalizzatore di processi collaborativi tra imprese, istituzioni e comunità. In tale contesto, l'integrazione tra soluzioni digitali, principi ESG e strategie di lungo periodo assume un ruolo centrale per la realizzazione degli obiettivi delineati dall'Agenda 2030 e dal PNRR, rafforzando la possibilità di coniugare efficienza operativa e sostenibilità in maniera strutturata e misurabile. La quotazione in Borsa, che abbiamo affrontato come prima azienda del Sud Italia nel segmento Euronext Growth nel 2025, rappresenta un passaggio fondamentale in questa direzione: significa consolidare la nostra visione e creare, grazie alla fiducia degli investitori, un polo di riferimento per la sostenibilità digitale.

A.V. *In conclusione, quale messaggio desideri rivolgere alle giovani generazioni, a cui hai sempre dedicato una particolare attenzione, affinché possano affrontare con consapevolezza e visione le sfide dell'innovazione e della sostenibilità?*

G.L. Ai giovani vorrei suggerire di guardare all'innovazione non come a un fine in sè, ma come a un percorso che richiede coraggio, curiosità e responsabilità. Le grandi trasformazioni – ecologica e digitale – non si realizzano con la sola tecnica, ma esercitando un pensiero critico capace di connettere competenze e valori, visione e concretezza, conoscenza e cultura. Occorre coltivare la capacità di apprendere continuamente e di

A.V. *In the context of the current transformations in applied research and the Third Mission of universities, there is an increasingly urgent need to define rigorous tools to measure the real effectiveness of technology transfer practices. The production of knowledge and innovation cannot be considered complete unless it is accompanied by assessable evidence capable of transparently documenting the impacts generated in the contexts in which such knowledge is applied.*

The call to move beyond a descriptive and self-congratulatory view of technology transfer in favour of a systemic and replicable perspective, in which outcomes (social, environmental, cultural and economic) are objectively verifiable through recognised and comparable indicators, as promoted by the European Commission's Knowledge Transfer Metrics, not only makes it possible to compare results between projects, territories and actors, but also to build transferable models that can be adapted to different ecosystems and are capable of guiding public policies, investments and strategic decisions (Tucci, 2025). In this scenario, knowledge-intensive companies such as TECNO are called upon to actively contribute to the definition of new management models that combine scientific rigour and operational adaptability. The ability to accurately quantify and document the environmental, economic and social impact of the technologies adopted is now an essential condition for legitimising the value of technology transfer and making it truly sustainable, reproducible and scalable.

Given your focus on eco-digital development and sustainability, is it possible to combine energy consumption analysis with the promotion of a culture of responsibility in energy management? How can the data collected be transformed into useful tools to support informed decisions and sustainable, measurable and replicable management models in different contexts?

G.L. The ability to measure energy consumption and environmental impact has become a fundamental prerequisite for any management model that is oriented towards sustainability. In consideration of this imperative, the digital solutions that we are developing are meticulously designed to facilitate real-time monitoring and analytical reading of complex data, thereby transforming it into decision-support tools. The integration of this information into transparent, shared dashboards has the potential to overcome fragmented approaches, thereby facilitating the definition of strategies based on objective evidence that can be replicated in different contexts. The objective is not confined to the technological dimension; it also encompasses the promotion of a culture of responsibility and traceability, in accordance with the latest European directives and international policy guidelines on ecological transition. The measurability of outcomes, through verifiable indicators, allows data to be transformed into strategic levers for sustainable governance models capable of generating documented impacts not only in terms of energy, but also in economic and social terms. These tools respond to the logic proposed by European Knowledge Transfer Metrics (Campbell et al, 2022), promoting the comparability of results and the replicability of models in different contexts. The focus on evaluation tools is also part of a broader framework of systemic innovation, which sees technology transfer as a catalyst for collaborative processes

sperimentare, senza timore dell'errore, perché anche un fallimento è un passo verso la conoscenza. Ma soprattutto, invito a coltivare la consapevolezza che il cambiamento nasce dal lavoro collaborativo: le sfide più complesse si affrontano insieme, mettendo in rete intelligenze e passioni per costruire un futuro sostenibile e inclusivo.

REFERENCES

Barth, T.D. (2011). The Idea of a Green New Deal in a Quintuple Helix Model of Knowledge, Know-How and Innovation. International Journal of Social Ecology and Sustainable Development, 2, 1-14.

Campbell, A., Cavalade, C., Conesa Cegarra, F. J., Haunold, C., Karanikic, P., Piccaluga, A. (2022) "Knowledge Transfer Metrics – Exploration of composite indicators for knowledge transfer", in Grande, S. (ed.), Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2022, doi:10.2760/077637, JRC130364.

Circular Economy Network e Fondazione per lo sviluppo sostenibile (2025). 7° Rapporto sull'Economia Circolare in Italia. Sintesi.Available at: https://circulareconomynetwork.it/wp-content/uploads/2025/05/Rapporto-sulleconomia-circolare-in-Italia-2025.pdf (accessed on 24/07/2025).

Tucci, F. (2025). Towards a climate neutral built environment: challenges and strategies of environmental design. TECHNE - Journal of Technology for Architecture and Environment, 29(1), 20–30. https://doi.org/10.36253/techne-17669

between businesses, institutions and communities. In this context, the integration of digital solutions, ESG principles and long-term strategies plays a central role in achieving the objectives outlined in the 2030 Agenda and the PNRR, strengthening the possibility of combining operational efficiency and sustainability in a structured and measurable way. Our listing on the stock exchange, which we achieved as the first company in Southern Italy in the Euronext Growth segment in 2025, represents a fundamental step in this direction: it means consolidating our vision and creating, thanks to the trust of investors, a reference point for digital sustainability.

A.V. *In conclusion, what message would you like to send to the younger generations, to whom you have always paid particular attention, so that they can face the challenges of innovation and sustainability with awareness and vision?*

G. L. I would advise young people to view innovation not as an end in itself, but as a journey that requires courage, curiosity and responsibility. Major transformations – ecological and digital – cannot be achieved through technology alone, but by exercising critical thinking that connects skills and values, vision and practicality, knowledge and culture. We need to cultivate the ability to learn continuously and to experiment without fear of making mistakes, because even failure is a step towards knowledge. Above all, I urge you to cultivate the awareness that change comes from collaborative work: the most complex challenges are tackled together, by networking intelligence and passion to build a sustainable and inclusive future.

La terza missione: da pietra angolare a pantano burocratico?

Ernesto Antonini, https://orcid.org/0000-0001-9055-6149
Dipartimento di Architettura, Alma Mater Studiorum Università di Bologna, Italia
ernesto.antonini@unibo.it

Recensione del volume: Conti G., Grimaldi R. (2024) Knowledge Share: the (R)evolution of Technology Transfer, Cham (CH): Springer Nature Switzerland AG, (SxI – Springer for Innovation, vol 16), ISBN 978-3-031-51383-1 (DOI: 10.1007/978-3-031-51384-8)

In poco più di venti anni dalla sua introduzione in Europa[1], "Terza Missione" (TM) è diventata un'espressione ricorrente nel lessico accademico, certamente in quello italiano, anche per effetto di una progressiva "istituzionalizzazione" delle attività che il temine designa, incluse fra gli elementi di valutazione delle prestazioni degli Atenei da parte di ANVUR.
Tuttavia, i contorni dell'arcipelago TM risultano spesso ancora incerti e il significato da attribuire al termine resta oggetto di dibattito, che in più di un caso ne investe non solo le modalità di implementazione, ma discute dell'opportunità stessa di aggiungere questo terzo compito alle due tradizionali "missioni" dell'università: didattica e ricerca. (Frondizi, 2020)
L'estesa gamma di definizioni che si registrano (Tab. 1) mostra come la nozione di Terza Missione resti controversa e poco incline ad essere ricondotta ad un significato univoco. (Pitrone, 2016) Risente di questa difficoltà di perimetrazione la stessa denominazione utilizzata per designarla anche linguisticamente «per negazione e "terzietà" rispetto ad altre e più tradizionali attività accademiche» (Binotto & Nobile, 2017).
Nel loro "Knowledge Share: the (R)evolution of Technology Transfer" recentemente pubblicato nella collana SxI – Springer for Innovation, Giuseppe Conti e Rosa Grimaldi forniscono un prezioso inquadramento – sistematico e aggiornato – dell'ambito entro cui la Terza Missione si colloca, che è propriamente quello del *Knowlegde Share* evocato nel titolo del Saggio, cioè la condivisione delle conoscenze fra la pluralità di attori sociali -dai decisori politici ai ricercatori, dai manager di imprese industriali agli accademici, fino agli studenti e alla generalità dei cittadini- che possono utilmente partecipare alla produzione di quelle conoscenze, alla loro diffusione e al loro utilizzo.
Fin dalla premessa al Volume, gli Autori anticipano le ragioni che inducono ad affrontare la tematica adottando un approccio tanto esteso e programmaticamente olistico, individuando tali motivi nella natura sfaccettata e multiforme del *Knowledge Share* (KS) e nella multidirezionalità dei flussi di risorse che lo alimentano, così che il suo successo dipende da una pluralità di fattori variamente interagenti e interrelati: quelli ambientali e di contesto, quelli dipendenti dagli assetti organizzativi e dalle strategie degli attori e quelli individuali, cioè legati ai comportamenti dei singoli che intervengono nei processi. Da cui la definizione che gli Autori forniscono di KS, come «comportamenti proattivi e collaborativi che comprendono la distribuzione, la connessione e la coproduzione di conoscenza, attraverso un processo circolare, multi-fonte e multidirezionale che si sviluppa in modo sia intenzionale che non intenzionale» (Conti & Grimaldi, 2024).
Ne deriva una definizione generale di Terza Missione come: «Il coinvolgimento attivo di università e organizzazioni di ricerca in attività legate alla valorizzazione della conoscenza prodotta attraverso la ricerca e/o la didattica che generano impatto e valore per una comunità esterna più ampia» (Conti & Grimaldi, 2024).
Collocata entro questo universo, la TM appare non tanto un'entità radicalmente nuova, quanto piuttosto un tentativo di ordi-

The Third Mission: From cornerstone to bureaucratic quagmire?

In just over twenty years since its introduction in Europe[1], "Third Mission" (TM) has become a recurring phrase in academic discourse, certainly within Italy. This is partly due to the progressive "institutionalization" of the activities the term designates, which are now included among the elements used by ANVUR (the Italian National Agency for the Evaluation of Universities and Research Institutes) to assess university performance.
However, the outlines of the TM "archipelago" often remain uncertain, and the meaning attributed to the term is still a subject of debate. In many cases, this debate extends beyond the methods of implementation, questioning the very appropriateness of adding this third task to the two traditional university missions: teaching and research (Frondizi, 2020).
The wide range of definitions recorded (Table 1) demonstrates how the notion of Third Mission remains controversial and not easily reduced to a single, unambiguous meaning (Pitrone, 2016). This difficulty in defining its boundaries is reflected in the very name used to designate it, even linguistically, «by negation and 'thirdness' compared to other, more traditional academic activities» (Binotto&Nobile, 2017).
In their recently published "Knowledge Share: the (R)evolution of Technology Transfer" part of the SxI – Springer for Innovation series (Conti&Grimaldi, 2024), Giuseppe Conti and Rosa Grimaldi offer a valuable-systematic and up-to-date-framework for understanding the scope of the Third Mission. This mission is precisely what the essay's title, "Knowledge Share," refers to: the sharing of knowledge among a diverse group of social actors. These actors range from policymakers and researchers to industrial managers, academics, students, and the general public, all of whom can productively contribute to the production, dissemination, and utilization of this knowledge.
From the very beginning of the volume, the authors highlight their reasons for tackling this topic with such a broad and intentionally holistic approach. They attribute this to the multifaceted and diverse nature of Knowledge Share (KS) and the multidirectional flow of resources that fuel it. As a result, its success hinges on a multitude of interacting and interrelated factors: environmental and contextual elements, organizational structures and actor strategies, and individual behaviors that shape the processes involved. This leads to the authors' definition of KS as «proactive and collaborative behaviors that in-

ISSN online: 2239-0243 | © 2025 Author(s) | http://www.fupress.com/techne | DOI: 10.36253/techne-18309
Open access, peer-reviewed article published by Firenze University Press (https://www.fupress.com) and distributed, except where otherwise noted, under the terms of the CC BY 4.0 License for content and CC0 1.0 Universal for metadata

Tab. 1 | Le diverse accezioni di Terza Missione (Fonte: Frondizi, 2020)
The different meanings of Third Mission (Source: Frondizi, 2020)

Tab. 01 |

Autore/Author (anno/year)	Fonte/Source	Concetto/Concept	Definizione/Definition
SPRU (2002) Molas-Gallart *et al.* (2002)	Electronic Paper Number 187 Science and Technology Policy Research	Third Stream/Leg	Third Stream/Leg activities "are concerned with the generation, use application and exploitation of knowledge and other university capabilities outside academic environments"
Montesinos *et al.* (2008)	Higher Education in Europe	Social Third Mission Enterprising Third Mission Innovative Third Mission	Universities generate "services with no cost or little cost to the final user. The benefits are largely image or relational ones". "Institutions try to diversify their incomes and generation of sources of funding by developing services to society, industry, other institutions and/or former students". "Services, products or process that research units or institutes are able to transmit to society"
Breakwell and Tytherleigh (2010) Howard and Sharma (2006)	Higher Education B-Hert Position Paper	University/ Community Engagement	Researches in academic institutions are based on the "engagement in innovation systems"
Gunasekara (2006)	Journal of Technology Transfer	Third Role	"Third role [is] performed by universities in animating regional economic and social development"
		University Engagement	"The universities engagement approach points to a developmental role performed by universities in regional economic and social development that centres on the intersection of learning economies and the regionalisation of production and regulation"
Pilbeam (2006)	Journal of Higher Education Policy and Management	Third Stream Income	"Revenues from the commercial exploitation of university intellectual assets (third stream income)"
HEFCE (2008) Watson e Hall (2015)	International Journal of Academic Research in Management	Third Stream	"Third Stream refers to work to increase the impact of higher education on eco- nomic development and the strength and vitality of society as a third stream of activity alongside, and complementary to, teaching and research" "Third Stream agenda is a critical strategy in the pursuit of enriched learning, enhancing student employability and much needed revenues"
Webber e Jones (2011)	Journal of Higher Education Policy and Management	Third Constituent of Higher Education	"Third constituent of higher education can be described as consisting of universities' relations with and contributions to other sectors of society"
Bornmann (2013)	Journal of the American Society for Information and Science Technology	Societal Impact of Research	"Societal impact of research is concerned with the assessment of social, cultural, environmental, and economic returns (impact and effects) from results (research output) or products (research outcome) of publicly funded research"
Sánchez-Barrioluengo (2014)	Research Policy	Social and Business Engagement	"Social and Business Engagement is seen as reflecting the changing nature of scientific knowledge and the natural tendency for academia to adapt in response to social changes"
Guerrero *et al.* (2015)	Research Policy	Third Mission	"The entrepreneurial university serves as a conduit of spillovers contributing to economic and social development through its multiple missions of teaching, research, and entrepreneurial activities"
ANVUR (2013)		Terza Missione	"Insieme delle attività con le quali le università attivano processi di interazione diretta con la società civile e con il tessuto imprenditoriale, con l'obiettivo di pro- muovere la crescita di un territorio, in modo che la conoscenza diventi strumentale per l'ottenimento di output produttivi"

clude the distribution, connection, and co-production of knowledge, through a circular, multi-source, and multidirectional process that develops in both intentional and unintentional ways» (Conti&Grimaldi, 2024).
This framework culminates in a general definition of the Third Mission as: «The active involvement of universities and research organizations in activities related to the valorization of knowledge produced through research and/or teaching that generate impact and value for a wider external community» (Conti&Grimaldi, 2024).
Placed within this context, the TM appears not so much as a radically new entity, but rather as an attempt to organize and better define a role that-certainly since at least the 19th century-the University has always played as a cultural institution. This role, however, needs to be updated, taking into account the significant changes that have occurred in the subsequent century, and even more so since then, in the dynamics by which knowledge fuels the evolution of society and the economy, and is reciprocally nourished by them «What makes the difference compared to the Humboldtian-Napoleonic tradition is […] the direct involvement (albeit in multiple forms) of external actors and, at the same time, their being part, individually or collectively, of the very purpose of exercising the Third Mission» (Boffo&Moscati, 2015).
Effectively participating in this shared dynamic requires a university that «[…] promotes innovation and territorial development projects, transfers services and models for new technology development, while simultaneously activating feedback processes that transform the university itself, making it more sensitive to the issues and needs of businesses and/or a given territory» (Lazzeroni&Piccaluga, 2009).
That the university – particularly public universities – is obligated to play a social and cultural role for the benefit of society is a widely shared principle, not only in the scientific literature on the subject but also among a large segment of public opinion, as well ashopefully-by academic staff. Equally shared is the expectation that the University should grasp society's demand for knowledge, interpret it, and contribute to satisfying it. The point is that the two traditional "missions" of the academic institution to which these tasks correspond no longer seem sufficient to ensure that the exchange occurs effectively, promptly, and bidirectionally. It is for this reason that it is considered necessary to entrust this to more dynamic, participatory, open processes, specifically oriented toward this goal. That is, processes more capable of fostering sharing and cooperation among holders of diverse interests and demands, united by a common inclination to recognize the benefits of collaboration, or at least its unavoidable necessity.
«Why is knowledge sharing so important? The simplest and most immediate answer is that sharing knowledge is fundamental for the proliferation and growth of any organization in a rapidly evolving world and in knowledge-based economies. Regardless of whether an organization is public or private, small or large, or its geographical location, we all agree that knowledge is not locally concentrated or enclosed within a company's walls, but is diffused and distributed» (Conti&Grimaldi, 2024).
What emerges from this vision is a positive-and undeniably fascinat-

nare e meglio profilare un ruolo che – certamente almeno dal XIX secolo – l'Università ha sempre svolto in quanto istituzione culturale. Ruolo che tuttavia richiede di essere aggiornato tenendo conto degli importanti cambiamenti intervenuti nel secolo successivo, e ancor più in seguito, nelle dinamiche con cui la conoscenza alimenta l'evoluzione della società e dell'economia e reciprocamente se ne nutre. «Ciò che fa la differenza rispetto alla tradizione humboldtiano-napoleonica è dato [...] dal coinvolgimento diretto (sia pure sotto forme molteplici) di attori esterni e, al tempo stesso, dal loro essere parte, individualmente o collettivamente, anche della finalità dell'esercizio della Terza missione» (Boffo & Moscati, 2015).

Partecipare efficacemente a questa dinamica condivisa richiede un'Università che «[...] promuove progetti di innovazione e di cambiamento del territorio, trasferisce servizi e modelli di sviluppo di nuove tecnologie, attivando nello stesso tempo processi di retroazione, che trasformano l'università stessa, rendendola più sensibile alle problematiche e alle necessità delle imprese e/o di un territorio» (Lazzeroni & Piccaluga, 2009).

Che l'Università – in particolare quella pubblica – sia tenuta a svolgere un ruolo sociale e culturale a favore della società è un principio largamente condiviso, non solo nella letteratura scientifica sul tema ma anche in una larga fascia dell'opinione pubblica, oltre che – auspicabilmente – da parte del personale accademico. Altrettanto lo è l'attenzione, che all'Università è richiesta, di cogliere la domanda di conoscenza che la società esprime, di farsene interprete e di contribuire a soddisfarla. Il punto è che le due tradizionali "missioni" dell'istituzione accademica a cui questi compiti corrispondono, non appaiono più sufficienti ad assicurare che lo scambio avvenga in modo efficace, tempestivo e bidirezionale, ed è perciò che si ritiene necessario affidarlo a processi più dinamici, partecipativi, aperti, specificamente orientati a questo fine. Cioè, più capaci di favorire la condivisione e la cooperazione fra portatori di diversi interessi e istanze, accomunati da una comune propensione a riconoscerne i benefici della collaborazione, o quantomeno la sua ineludibile necessità.

«Perché il *Knowledge Share* è così importante? La risposta più semplice e immediata è: perché la condivisione della conoscenza è fondamentale per la proliferazione e la crescita di qualsiasi organizzazione in un mondo in rapida evoluzione e in economie basate sulla conoscenza. Indipendentemente dal fatto che l'organizzazione sia pubblica o privata, piccola o grande, o dalla sua posizione geografica, siamo tutti d'accordo sul fatto che la conoscenza non è concentrata localmente o racchiusa tra le mura di un'azienda, ma è diffusa e distribuita» (Conti & Grimaldi, 2024).

Quella che ne emerge è una visione positiva -e innegabilmente molto affascinante- di una "società della conoscenza" popolata da attori entusiasti e motivati, pronti a cooperare per costruire nuove opportunità, grazie alla mobilitazione di estese platee di soggetti, tutti altrettanto pronti a fare lo stesso (Etzkowitz & Leydesdorff, 2000).

Se un simile sistema di relazioni appare funzionale a fare generare valore alla conoscenza diffusa, è altrettanto facile riconoscere che esso non corrisponde, o non ancora, o solo in ambiti limitati, alle pratiche correnti. Certamente non alla maggioranza delle pratiche in uso in quel particolare segmento del *Knowledge Sharing* che coinvolge direttamente l'Università, quello noto come Terza Missione.

ing-vision of a "knowledge society" populated by enthusiastic and motivated actors, ready to cooperate to build new opportunities, thanks to the mobilization of broad audiences, all equally ready to do the same (Etzkowitz&Leydesdorff, 2000).

While such a system of relationships appears functional for generating value from diffused knowledge, it's equally easy to recognize that it does not yet correspond, or only in limited contexts, to current practices. Certainly not to the majority of practices in use within the specific segment of Knowledge Sharing that directly involves universities, known as the Third Mission.

The significant differences observed in the practiced level of active sharing depend on the heterogeneity of the two main types of activities categorized as Third Mission: «[...] that of the relationship with businesses and the market and that of enhancing public goods» (Cassella, 2017).

In Italy, this duality is formally recognized by the National Agency for the Evaluation of the University and Research System (ANVUR), which «[...] classifies Third Mission activities into two main areas: "commercial exploitation of research results" and "production of public goods". The first includes intellectual property management, academic entrepreneurship (spin-offs), contract research, intermediary management, and support structures (science parks, incubators, technology transfer centers, placement centers). The second includes the production and management of cultural heritage (museums, archaeological excavations, and historical buildings), clinical trials, research infrastructures, and medical training (health protection), continuing education, and public engagement» (Conti&Grimaldi, 2024).

In literature, five main motivations are identified for universities to invest in "third mission" activities (Conti&Grimaldi, 2024):

- Valuing research results, contributing to the scientific, technological, economic, social, and cultural development of their countries.
- Attracting additional resources from the private sector.
- Seeking partners to test and implement their inventions and to fuel further research.
- Enhancing their reputation and attractiveness to international students or high-level scientists.
- Attracting international students interested in collaboration with companies in innovative sectors.

It's clear that this framework only fits the first type of Third Mission activity, and therefore involves a limited number of disciplinary fields-those with a strong propensity for research that can be economically exploited and generate technology transfer.

«All [university researchers and professors] participate in Knowledge Share as part of their institutional mission, [...] they produce and co-produce knowledge, distribute it, and socialize it through [...] articles, conferences, etc., within scientific/academic communities. Among them, there is a subset of scientists who are also involved in the valorization of research results (Third Mission activities), usually less than 20% of the total number» (Conti&Grimaldi, 2024).

However, all Third Mission activities that fall outside this scope-and involve the vast majority of Italian university staff-must find different motivations to be implemented, especially when the extra-academic beneficiaries of knowl-

Le differenze rilevanti che si registrano nel livello praticato di condivisione attiva dipendono dalla eterogeneità delle due principali tipologie di attività rubricate come Terza Missione: «[…] quella del rapporto con le imprese e con il mercato e quella della valorizzazione dei beni pubblici» (Cassella, 2017).
In Italia questa duplicità è riconosciuta formalmente anche dall'Agenzia Nazionale di Valutazione del Sistema Universitario e della Ricerca (ANVUR), che «[…] classifica le attività di TM in due aree principali: "valorizzazione commerciale dei risultati della ricerca" e "produzione di beni pubblici". La prima include la gestione della proprietà intellettuale, l'imprenditorialità accademica (*spin-off*), la ricerca per conto terzi, la gestione degli intermediari e le strutture di supporto (parchi scientifici, incubatori, centri di trasferimento tecnologico, centri di placement). La seconda include la produzione e la gestione del patrimonio culturale (musei, scavi archeologici ed edifici storici), le sperimentazioni cliniche, le infrastrutture di ricerca e la formazione medica (tutela della salute), la formazione continua e il coinvolgimento del pubblico» (Conti & Grimaldi, 2024).
In letteratura vengono indicate cinque principali motivazioni che spingono le università a investire in azioni terza missione (Conti & Grimaldi, 2024):

– valorizzare i risultati della loro ricerca, contribuendo allo sviluppo scientifico, tecnologico, economico, sociale e culturale dei loro paesi
– attrarre risorse aggiuntive dal settore privato
– cercare partner per testare e implementare le loro invenzioni, e per alimentare ulteriori ricerche
– aumentare la propria reputazione e attrattività nei confronti di studenti internazionali o scienziati di alto livello
– attrarre studenti internazionali interessati a collaborazione con le aziende in settori innovativi.

Risulta evidente come lo schema si adatti solo al primo tipo di attività di Terza missione e possa quindi coinvolgere un numero limitato di ambiti disciplinari, quelli con spiccata propensione alla ricerca passibile di valorizzazione economica e in grado di generare trasferimento tecnologico.
«Tutti [i ricercatori e i docenti dell'università] partecipano al *Knowledge Share* nell'ambito della loro missione istituzionale, […] producono e co-producono conoscenza, la distribuiscono e la socializzano attraverso […] articoli, conferenze, ecc. all'interno delle comunità scientifiche/accademiche. Tra loro vi è un sottoinsieme di scienziati che è anche impegnato nella valorizzazione dei risultati della ricerca (attività di Terza Missione), solitamente meno del 20% del numero totale» (Conti & Grimaldi, 2024).
Mentre tutte le attività di Terza Missione che esulano da questo campo – e coinvolgono la larghissima maggioranza del personale dell'università italiana – devono trovare motivazioni diverse per essere attuate, soprattutto quando i beneficiari extra-accademici del trasferimento di conoscenze non sono aziende private, ma enti pubblici, o corpi sociali diffusi. Come, ad esempio, nei casi che investono la produzione e gestione del patrimonio culturale (musei, scavi archeologici ed edifici storici), la formazione dei funzionari della pubblica amministrazione e la formazione continua, il supporto a soggetti no-profit o enti del terzo settore o, in alcuni casi, anche a enti pubblici non economici.
Questa osservazione segnala un primo rilevante elemento di criticità indotto dall'adozione indiscriminata e generalizza-

edge transfer are not private companies, but public bodies or widespread social organizations. Examples include cases involving the production and management of cultural heritage (museums, archaeological excavations, and historical buildings), the training of public administration officials and continuing education, support for non-profit organizations or third-sector entities, or, in some cases, even non-economic public bodies.
This observation highlights a first significant critical issue arising from the indiscriminate and generalized adoption of the Third Mission as a qualifying element of the university's role, and thus indirectly as a rewarding factor in the distribution of public resources to universities-and, within them, to disciplinary sectors-that are most successful in connecting with private enterprise and applying their scientific expertise for practical purposes. Even if the metrics prepared by ANVUR try to smooth out the substantial differences between the two macro-areas of third mission activities and mitigate the penalization of those that are inexorably non-profit, the gap between the two remains enormous. The ability to attract private resources inherently generates a self-rewarding mechanism, with immediate effects that are much more substantial than those deriving from institutional evaluation mechanisms.
«In the humanities faculties, […] "technology transfer" as alluded to in the ANVUR Regulation is usually understood as "knowledge dissemination", meaning the popularization of knowledge […] held by the teaching staff […]. In essence, it involves organizing courses, conferences, and meetings, similar to those that have always been held at the university, but for obvious reasons, these new ones must be at a higher level of popularization and attractiveness, because knowledge dissemination requires an audience, and if the audience is absent or leaves, the operation is considered a failure. So much so that in the evaluation questionnaires for the third mission, there is always ample space for surveying the location where the event took place, the available seats offered, and the seats occupied by the public» (Marazzini, 2024).
A second serious risk is substantial in nature and concerns the university's actual capacity to generate knowledge. The assumption on which the entire Third Mission framework is based is that «scientists and researchers who produce knowledge through research activities are the engine of knowledge production» (Conti & Grimaldi, 2024). To generate this output, individual competencies are not enough: those who possess them need time to develop them and must be put in the best conditions to cultivate and apply them, until they produce significant results, suitable to be shared. This is precisely what the Italian university is diligently striving to hinder, by imposing an abnormal and increasing amount of bureaucratic obligations on the entire teaching staff, which subtracts time and distracts attention from knowledge production activities.
«The list of what can be placed under the ominous category we call "university bureaucracy" includes several items, among them the excess of committees that take on tasks once delegated to administrative staff, the laborious compilation of superfluous programmatic and analytical documents, […], the bulk of periodic reports to the

ta della Terza Missione come elemento qualificante del ruolo dell'università, quindi indirettamente come fattore premiale nella distribuzione delle risorse pubbliche agli Atenei – e, al loro interno, ai settori disciplinari – che più riescono ad entrare in contatto con l'imprenditoria privata e a finalizzare a scopi pratici le proprie competenze scientifiche. Anche se le metriche predisposte da ANVUR cercano di smussare le sostanziali differenze fra i due macro-ambiti delle attività di terza missione e ad attenuare la penalizzazione di quelle inesorabilmente no-profit, la distanza fra i due resta enorme e la capacità di attrarre risorse private genera di per sé un meccanismo di auto-premialità, dagli effetti immediati e molto più consistenti di quelli derivanti dai meccanismi istituzionali di valutazione.

«Nelle facoltà umanistiche, [...] il "trasferimento tecnologico" a cui allude il Regolamento ANVUR viene di solito inteso come "disseminazione del sapere", cioè divulgazione delle conoscenze [...] possedute dal corpo docente [...]. In sostanza, si tratta di organizzare corsi, conferenze, incontri, analoghi a quelli che sempre si sono tenuti nell'università, ma per ovvie ragioni questi nuovi devono collocarsi a un livello di maggiore divulgazione e attrattività, perché la disseminazione del sapere richiede un pubblico e, se il pubblico manca o scappa, l'operazione viene considerata fallita, tant'è vero che nei questionari di valutazione della terza missione ha sempre molto spazio la ricognizione del luogo in cui si è svolto l'evento, dei posti disponibili offerti, dei posti occupati dal pubblico» (Marazzini, 2024).

Un secondo serio rischio è di natura sostanziale e riguarda la reale capacità dell'Università di generare conoscenza. L'assunto su cui l'intero schema della Terza Missione si fonda è che «[...] scienziati e ricercatori che producono conoscenza attraverso attività di ricerca sono il motore della produzione di conoscenza» (Conti & Grimaldi, 2024).

Per generare questo *output* non bastano le competenze dei singoli: serve che chi le detiene abbia il tempo per svilupparle e sia messo nelle condizioni migliori per coltivarle ed applicarle, fino a far loro produrre risultati di qualche rilievo. Che è esattamente quanto l'Università italiana si sta impegnando con molto zelo ad ostacolare, imponendo all'intero corpo docente una mole abnorme e crescente di adempimenti, che sottraggono il tempo e distolgono l'attenzione dall'attività di produzione della conoscenza.

«L'elenco di quanto si può collocare sotto la categoria infausta che denominiamo "burocrazia universitaria" comprende diverse voci, tra le quali l'eccesso di commissioni che si caricano di compiti un tempo delegati al personale amministrativo, la faticosa compilazione di documenti programmatici e analitici superflui, [...], la mole di rendicontazioni periodiche all'organo di controllo esterno, l'Anvur, [...] che richiedono sempre più tempo, attività e fatica. [Fino al] paradosso, perché si dedica più tempo alla rendicontazione e alla gestione del "merito", che al lavoro per acquisire davvero quel "merito" che si deve poi faticosamente rendicontare» (Marazzini, 2024)

A questo esasperato avvitamento burocratico, paradossalmente contribuisce la stessa attività di Terza Missione, che non appena inclusa fra i compiti dell'Istituzione, è stata prontamente dotata di regolamenti a cascata, pletore di indicatori con cui alimentare contorti algoritmi di valutazione, uffici e personale preposto a farli applicare. Con l'effetto di erodere ulteriormente il tempo che docenti e ricercatori – cioè, i soggetti produttori della conoscenza di cui l'Università dispone – possono dedicare a questa

external control body, ANVUR, [...] which require ever more time, activity, and effort. [Leading to the] paradox, because more time is dedicated to reporting and managing "merit" than to the work of actually acquiring the "merit" that then has to be laboriously reported» (Marazzini, 2024).

This exasperating bureaucratic spiral is, paradoxically, contributed to by the Third Mission activities themselves. As soon as they were included among the institution's responsibilities, they were promptly equipped with cascading regulations, a plethora of indicators to feed convoluted evaluation algorithms, and offices and personnel designated to enforce them. The effect of this is to further erode the time that professors and researchers-that is, the very subjects who produce the knowledge the University possesses-can dedicate to this primary activity, which is even more demanding when developed in collaboration with external partners.

The resulting situation highlights an even more structural contradiction that undermines the credibility of the entire Third Mission architecture as it is currently being imposed. On one hand, it's argued that the Third Mission must have its own recognizable profile to adapt the university to the dynamics of knowledge production in contemporary society. On the other hand, the focus is on a versatile academic figure with a fully pre-19th-century taste. This approach contradicts every logic of specialization and rational division of tasks and functions typical of modern organizations. Instead, it expects academics to simultaneously ensure knowledge production (research), activate shared processes for knowledge transfer (Third Mission), and continue to effectively train competent and up-to-date personnel (teaching).

A multitalented intellectual? A multitasking manager? A late epigone of legendary encyclopedic humanists who lived half a millennium ago? No: a jack-of-all-trades clerk, forced to deal with too many things, in an increasingly fragmented and superficial way, and with less and less time to do it methodically.

NOTE

[1] "Beyond their traditional role in the fields of education and research, universities should take on a Third Mission.". Communication from the Commission "Innovation in a knowledge-based economy". COM (2000) 567 C5-0740/2000 (http://europa.eu/rapid/press-release_IP-00-1035_it.htm).

attività primaria, ancora più impegnativa ed esigente se sviluppata in collaborazione con soggetti esterni all'accademia.
La situazione che ne deriva fa emergere una contraddizione ancora più strutturale, che pregiudica la credibilità di tutta l'architettura della TM così come si sta imponendo. Infatti, mentre da un lato si sancisce che la TM debba enuclearsi come un'attività con un profilo proprio e riconoscibile, per adeguare l'università alle dinamiche di produzione della conoscenza della società contemporanea, dall'altro si punta su una figura di accademico polivalente, di inconfondibile sapore pre-ottocentesco. Un soggetto che smentisce ogni logica di specializzazione e razionale suddivisione di compiti e funzioni tipiche delle moderne organizzazioni e che si pretende, invece, capace di assicurare contemporaneamente una originale produzione di conoscenza (ricerca), l'attivazione di efficaci processi condivisi e di azioni per il suo trasferimento (terza missione), continuando intanto ad occuparsi anche dell'alta formazione di personale competente e aggiornato (didattica).
Un intellettuale polivalente? Un *manager multitasking*? Un epigono tardivo di leggendari umanisti enciclopedici vissuti mezzo millennio fa? No: un commesso tuttofare, costretto ad occuparsi di troppe cose, in modo sempre più frammentario e superficiale, e con sempre meno tempo per farlo con metodo.

NOTE

[1] "Oltre al ruolo da loro svolto tradizionalmente nei campi dell'istruzione e della ricerca, le università dovrebbero assumere una Terza Missione". Comunicazione della Commissione "L'innovazione in un'economia fondata sulla conoscenza". COM (2000) 567 C5-0740/2000 http://europa.eu/rapid/press-release_IP-00-1035_it.htm

REFERENCES

Bintto M., Nobile (2017) "Università italiana e Terza missione", in: Morcellini M., Rossi P., Valentini E. (2017) *Unibook. Per un database sull'Università*, Milano: Franco Angeli, ISBN 9788891764812 (https://series.francoangeli.it/index.php/oa/catalog/view/261/71/1210)

Boffo S, Moscati R. (2015) "La terza missione dell'Università: origini, problemi e indicatori", *Scuola democratica*, 6 (2015)

Cassella M. (2017) "La 'terza missione' dell'università: cos'è, come si valuta (con un'appendice sulle biblioteche)" *Biblioteche oggi* n. 2, 2017 (https://doi.org/10.3302/2421-3810-201702-059-1)

Conti G., Grimaldi R. (2024) *Knowledge Share: the (R)evolution of Technology Transfer*, Cham (CH): Springer Nature Switzerland AG, (SxI – Springer for Innovation, vol 16), ISBN 978-3-031-51383-1 (https://doi.org/10.1007/978-3-031-51384-8)

Etzkowitz H., Leydesdorff L. (2000) "The dynamics of innovation: from national systems and 'Mode 2' to a triple Helix of university – industry – government relations", *Research policy*, 29 (2000), n. 2

Frondizi R. (2020) *La Terza Missione delle Università. Strategia, Valutazione e Performance*, Torino: Giappichelli Editore, ISBN 9788892189966

Lazzeroni M., Piccaluga A. (2009) "L'università che cambia: nuovi profili e nuovi metodi di analisi" in: Bramanti A., Salone C. (2009) *Lo sviluppo territoriale nell'economia della conoscenza: teorie, attori, strategie*, Milano: Franco Angeli, 2009

Marazzini C. (2024) "È necessaria la terza missione per l'università?" *Il Mulino – Rivista di cultura e di politica*, 07 novembre 2024 (https://www.rivistailmulino.it/a/necessaria-la-terza-missione-per-l-universit)

Pitrone M.C. (2016) "Di cosa parliamo quando parliamo di 'terza missione' ", *Studi di sociologia*, 54 (2016), n. 4