

TECHNE

Journal of Technology for Architecture and Environment

26 | 2023

TRANSIZIONE ENERGETICA

energy transition

Poste Italiane spa - Tassa pagata - Piego di libro
Aut.n. 072/DCB/FI/VF del 31.03.2005




FIRENZE
UNIVERSITY
PRESS

SIT_{dA}

TECHNE

Journal of Technology for Architecture and Environment

Issue 26
Year 13

Direttore/Director
Mario Losasso

Comitato Scientifico/Scientific Committee
Gabriella Caterina, Gianfranco Dioguardi, Paolo Felli, Luigi Ferrara,
Cristina Forlani, Rosario Giuffrè, 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 Editoriale/Editorial Board Members
Filippo Angelucci, Valeria D'Ambrosio, Pietromaria Davoli,
Tiziana Ferrante, Paola Gallo, Francesca Giglio, Massimo Lauria

Assistenti Editoriali/Assistant Editors
Alessandro Claudi De Saint Mihiel, Valentina Puglisi, Antonella Violano,
Francesca Thiébat

Segreteria di Redazione/Editorial Staff
Francesca Anania, Nazly Atta, Giovanni Castaldo, Maria Fabrizia Clemente,
Serena Giorgi, Giuseppe Mangano, Giulia Vignati

Progetto grafico/Graphic Design
Veronica Dal Buono

Progettazione grafica esecutiva/Executive Graphic Design
Giulia Pellegrini

Editorial Office
c/o SITdA 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 SITdA (Società Italiana della Tecnologia dell'Architettura)

REVISORI / REFEREES

Per le attività svolte nel 2021-2022 relative al Double-Blind Peer Review process, si ringraziano i seguenti Revisori:

As concern the Double-Blind Peer Review process done in 2021-2022, we would thanks the following Referees:

2021

Davide Allegri, Filippo Angelucci, Erminia Attaianesi, Serena Baiani, Adolfo Baratta, Antonio Basti, Oscar Bellini, Stefano Bellintani, Mariangela Bellomo, Roberto Bolici, Maddalena Buffoli, Laura Calcagnini, Filippo Calcerano, Marta Calzolari, Andrea Campioli, Corrado Carbonaro, Francesca Castagneto, Cristiana Cellucci, Andrea Ciaramella, Paolo Civiero, Carola Clemente, Luigi Cocchiarella, Christina Conti, Alessandra Cucurnia, Valeria D'Ambrosio, Domenico D'Olimpo, Roberto Di Giulio, Antonella Falotico, Daniele Fanzini, Massimo Ferrari, Rossella Franchino, Matteo Gambaro, Jacopo Gaspari, Maria Luisa Germanà, Andrea Giachetta, Elisabetta Ginelli, Francesca Giofrè, Mattia Leone, Danila Longo, Adriano Magliocco, Laura Malighetti, Martino Milardi, Antonello Monsu' Scolaro, Elena Piera Montacchini, Marzia Morena, Ingrid Paoletti, Spartaco Paris, Angela Pavesi, Claudio Piferi, Paola Pleba, Donatella Radogna, Raffaella Riva, Rosa Romano, Massimo Rossetti, Sergio Russo Ermolli, Fabrizio Schiaffonati, Simone Secchi, Cesare Sposito, Cinzia Talamo, Andrea Tartaglia, Valeria Tatano, Benedetta Terenzi, Enza Tersigni, Fabrizio Tucci, Renata Valente, Maria Pilar Vettori, Antonella Violano, Alessandra Zanelli.

2022

Davide Allegri, Vitangelo Ardito, Paola Ascione, Erminia Attaniese, Adolfo Baratta, Antonio Basti, Oscar Bellini, Stefano Bellintani, Mariangela Bellomo, Roberto Bolici, Maddalena Buffoli, Laura Calcagnini, Marta Calzolari, Andrea Campioli, Eliana Cangelli, Corrado Carbonaro, Francesca Castagneto, Cristiana Cellucci, Andrea Ciaramella, Paolo Civiero, Carola Clemente, Christina Conti, Alessandra Cucurnia, Domenico D'olimpio, Alberto De Capua, Federico De Matteis, Pasquale De Toro, Roberto Di Giulio, Daniele Fanzini, Rossella Franchino, Matteo Gambaro, Jacopo Gaspari, Maria Luisa Germanà, Andrea Giachetta, Mattia Leone, Nora Lombardini, Danila Longo, Maria Teresa Lucarelli, Adriano Magliocco, Paola Marrone, Antonio Mazzeri, Martino Milardi, Antonello Monsu' Scolaro, Elena Piera Montacchini, Indrid Paoletti, Spartaco Paris, Francesco Pastura, Angela Pavesi, Donatella Radogna, Manuela Raitano, Raffaella Riva, Massimo Rossetti, Monica Rossi-Schwarzenbeck, Fabrizio Schiaffonati, Andrea Sciascia, Cesare Sposito, Enza Tersigni, Corrado Trombetta, Fabrizio Tucci, Renata Valente, Maria Pilar Vettori, Alessandra Zanelli.

SIT_dA

Società Italiana della Tecnologia
dell'Architettura



TRANSIZIONE ENERGETICA ENERGY TRANSITION

INTRODUZIONE AL TEMA *INTRODUCTION TO THE ISSUE*

- 7 | Per una transizione energetica green
For a green energy transition
Mario Losasso, Presidente SITdA

EDITORIALE *EDITORIAL*

- 10 | Nuove energie per la rigenerazione dell'ambiente costruito
New energies for the regeneration of the built environment
Elena Mussinelli

DOSSIER a cura di/*edited by* Alessandro Claudi de Saint Mihiel, Francesca Thiébat

- 14 | Verso il 2050: transizione energetica e politiche di decarbonizzazione
Towards 2050: Energy Transition and Decarbonisation Policies
Alessandro Claudi de Saint Mihiel, Francesca Thiebat
- 18 | Si tratta di transizione energetica?
Is it an energy transition?
Roberto Pagani
- 22 | Emissioni nette zero al 2050: transizione tecnologica o rivoluzione culturale?
Net zero emissions by 2050: a technological transition or a cultural revolution?
Federico M. Butera
- 25 | Cambiamenti climatici e sviluppo: una prospettiva cinese
Climate Change and Development: a Chinese perspective
Zha Daojiong
- 28 | Dall'efficienza energetica al 100% di energia rinnovabile nelle isole urbane
From energy efficiency to 100% renewable energy in urban island communities
Chiel Boonstra
- 32 | Il possibile ruolo dei centri urbani nella transizione verso la neutralità climatica
The possible role of urban centres in the transition to climate neutrality
Gianni Silvestrini
- 36 | Transizione o continuità
Transition or Continuity
Lorenzo Matteoli

REPORTAGE a cura di/*edited by* Francesca Thiébat

- 41 | I paesaggi della transizione energetica
The landscapes of the energy transition
Francesca Thiébat

CONTRIBUTI *CONTRIBUTIONS*

SAGGI E PUNTI DI VISTA *ESSAYS AND VIEWPOINTS*

- 47 | Immaginazione tecnologica per rimanere entro i limiti planetari. Sette transizioni necessarie
Technological imagination to stay within planetary boundaries. Seven necessary transitions
Massimo Palme
- 53 | Il design per la transizione energetica tra INTuizione e INTenzione
Designing for the energy transition from INTuition to INTention
Carmelo Leonardi, Davide Crippa, Barbara di Prete, Paolo Pasteris
- 61 | Etica ed estetica dei simboli della transizione. L'architettura del *place attachment*
Ethics and aesthetics of transition symbols. The architecture of place attachment
Federico Di Cosmo

- 68 | Patrimonio Culturale e Comunità Energetiche: criticità e opportunità
Cultural Heritage and Energy Communities: Critical Issues and Opportunities
Giovanna Franco, Marta Casanova
- 78 | Il design tecnologico per la transizione ambientale della città. Opportunità di innovazione
Technological design for the environmental transition of the city. Opportunities for innovation
Lidia Errante, Alberto De Capua
- 86 | I *Positive Energy Buildings* e *Districts* oltre il paradigma NZEB: verso un approccio *whole-life*
Positive Energy Buildings and Districts beyond the NZEB paradigm: towards a whole-life approach
Francesca De Filippi, Carmelo Carbone
- 94 | Sin(En)ergie di rigenerazione nei quartieri. Al Safarat come laboratorio sperimentale sulla transizione
Syn(En)ergies in neighbourhood regeneration. Al Safarat experimental laboratory in transition
Monica Moscatelli, Alessandro Raffa
- 103 | HOUSING IN TRANSIT. Quale transizione per l'edilizia residenziale pubblica industrializzata?
HOUSING IN TRANSIT. Which transition for the industrialised public housing?
Marina Block, Roberto Ruggiero
- 113 | Strumenti digitali per un abitare consapevole
Digital tools for informed living
Chiara Tonelli, Barbara Cardone, Giuliana Nardi

RICERCA E SPERIMENTAZIONE *RESEARCH AND EXPERIMENTATION*

- 120 | *Living Lab* per il progetto e l'attivazione di comunità energetiche nelle aree interne
Living Lab for the design and activation of energy communities in the inner areas
Consuelo Nava, Giuseppe Mangano
- 131 | Comunità Energetiche: laboratori energetici e di sviluppo economico nelle valli del tortonese
Energy Communities: energy and economic development laboratories in the Tortona valleys
Alessandra Battisti, Marco Antonini, Angela Calvano, Andrea Canducci
- 142 | L'energia delle aree interne: un approccio sistemico a Taranta Peligna
The energy of internal areas: a systemic approach in Taranta Peligna
Rossana Gaddi, Luciana Mastrodonardo
- 151 | Comunità energetiche e qualità architettonica dei centri storici minori
Energy communities and architectural quality of small historical centres
Antonio Basti, Monica Misceo, Elena Di Giuseppe
- 163 | Indipendenza energetica e decarbonizzazione: un nuovo approccio per le isole del Mediterraneo
Energy independence and decarbonisation: a new approach for Mediterranean islands
Davide Astiaso Garcia, Adriana Scarlet Sferra, Elisa Pennacchia
- 173 | Comunità energetiche rinnovabili come architetture pubbliche e infrastrutture socio-ecologiche
Renewable energy communities as public architectures and socio-ecological infrastructures
Mattia Federico Leone, Roberta Amirante, Antonio Sferratore
- 184 | *Renewable Energy Community*: un'opportunità di rigenerazione energetica ed eco-sociale per i quartieri ERP
Renewable Energy Community: an eco-social urban regeneration opportunity for PH districts
Valeria D'Ambrosio, Alessandro Sgobbo
- 195 | Ottimizzazione delle prestazioni d'involucro. Il caso del patrimonio residenziale di recente costruzione nel Regno Unito
Performance optimisation of the building envelope. Case studies on recently constructed residential buildings in the United Kingdom
Paola Ascione, Aniello Borriello
- 207 | DEC50: Strumenti per la decarbonizzazione dei manufatti edilizi
DEC50: Building decarbonisation tools
Roberto Giordano, Jacopo Andreotti
- 217 | Pannello fotovoltaico termoelettrico (PTE): approccio *low-tech* per la transizione energetica in Architettura
Photovoltaic Thermo-Electric (PTE) panel: a low-tech approach for the energy transition in Architecture
Francesco Incelli, Massimo Rossetti
- 227 | Strategie resilienti per l'adeguatezza energetica, tra accumuli e comportamenti consapevoli
Resilience strategies for energy adequacy, between energy storage and conscious behaviours
Gianluca Pozzi, Giulia Vignati
- 237 | Il BIS per il monitoraggio dei consumi e l'ottimizzazione degli interventi di riqualificazione
BIS to optimise consumption monitoring and redevelopment interventions
Franco Guzzetti, Francesca Biolo

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

- 247 | Transizione Energetica per una Transizione Ecologica e Climatica
Energy Transition for an Ecological and Climate Transition
Fabrizio Tucci, Edo Ronchi

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

- 258 | Aminata Fall & Reinhard Haas (Eds), *Sustainable Energy Access for Communities. Rethinking the Energy Agenda for Cities*
Laura Daglio
- 260 | Livio De Santoli, *Energia per la Gente: Il Futuro di un Bene Comune*
Francesco Pastura
- 262 | Amado Miguel, Poggi Francesca, *Sustainable Energy Transition for Cities*
Enza Tersigni

INNOVAZIONE E SVILUPPO INDUSTRIALE *INNOVATION AND INDUSTRIAL DEVELOPMENT*a cura di/*edited by* Alessandro Claudi de Saint Mihiel

- 265 | Complessità e progetto dei luoghi dell'intermodalità
Complexity and design of intermodal places
Alessandro Claudi de Saint Mihiel
- 267 | Progettare la sostenibilità. Metodi e strategie di valutazione ambientale
Designing sustainability. Environmental assessment methods and strategies
Luigi Alini, Antonello Martino
- 276 | Innovazione tecnologica e prodotti eco-innovativi
Technological innovation and eco-innovative products
Alessandro Claudi de Saint Mihiel
- 278 | Performances integrate dei sistemi di isolamento: l'esperienza e il know-how tecnico di Totalproof
Integrated performance of insulation systems: the experience and technical know-how of Totalproof
Giovanni Castaldo

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

La transizione energetica rappresenta ormai una delle sfide più complesse che caratterizzano la nostra epoca. I processi di transizione energetica non sono nuovi nella storia, ma la loro attuale connotazione è specifica perché si basa sulla rapidità dei cambiamenti in atto e sulla non prevedibilità degli eventi. Il passaggio cruciale relativo alla trasformazione delle basi energetiche su cui si basa l'evoluzione delle società nel corso della storia dell'uomo ha sempre avuto una decisa influenza sulle forme l'abitare.

Nel corso dei secoli, l'esaurirsi dei cicli basati sulle fonti energetiche correnti e il passaggio verso altre fonti emergenti hanno indotto modificazioni strutturali nell'organizzazione funzionale urbana, nella sua struttura fisica, nelle caratteristiche degli edifici e degli spazi aperti, nel sistema delle infrastrutture, nelle forme aggregative delle comunità. L'energia necessaria prodotta con la combustione della legna, poi del carbone e successivamente del petrolio e del gas, ha indotto nuove concezioni della città e dei modi di abitare, favorendo la crescita della popolazione e le espansioni urbane, dei trasporti, della produzione, dello sfruttamento delle risorse naturali.

L'energia si è sempre caratterizzata come un fattore cruciale per la sopravvivenza dei sistemi economici, sociali e politici, attraverso uno sforzo teso a acquisire l'energia ad essi necessaria per garantirne il flusso nei sistemi biofisici. L'intera esperienza umana è un processo evolutivo le cui tappe sono contrassegnate dalla progressiva utilizzazione dell'energia disponibile. I limiti strutturali di un "sistema tecnico" – definito dal processo evolutivo di una data società – si evidenziano al termine del periodo di massima espansione del sistema stesso, laddove emergono difficoltà nell'aumentare le quantità dei prodotti, nel contenere

i costi di produzione nonché nell'impossibilità di diversificazione per affrontare nuove sfide economiche, sociali e produttive (Gille, 1986).

Molti autori hanno messo in evidenza il rapporto fra il tipo di energia, il suo utilizzo e l'evoluzione culturale, scientifica e socioeconomica, considerando alcuni parametri critici per valutare il progresso di ogni società quali la quantità di energia prodotta e sfruttata pro capite, l'efficienza dei mezzi tecnologici con cui avviene questo processo e, infine, la quantità dei beni e dei servizi prodotti per le necessità umane (White, 1969).

L'evoluzione o l'involuzione delle società è condizionata dalla modalità di gestione e utilizzo delle fonti energetiche e dei loro flussi nel sistema ambientale e socioeconomico, determinandone i livelli di efficienza e, soprattutto, di entropia, costantemente in crescita nell'Antropocene come conseguenza dell'incremento della complessità e dell'interdipendenza dei sistemi. Quanto più un organismo sociale è evoluto e complesso, tanta più energia è necessaria per sostenerlo e tanta più entropia si genera in tale processo. La teoria economica classica non ha mai fatto i conti con le leggi della termodinamica che esprimono quanto l'attività economica consista nel prendere "in prestito" dall'ambiente input di energia a bassa entropia per trasformarla in prodotti e servizi temporanei che, alla fine del ciclo di vita, tornano all'ambiente sotto forma di energia decaduta o di scorie (Rifkin, 2002).

Lo spartiacque energetico rispetto al quale ci troviamo oggi si connette indissolubilmente al nuovo regime climatico per due ordini di motivi: il primo, perché il riscaldamento globale, causa del cambiamento climatico, è generato dal modello di sviluppo iperliberista basato sul massiccio consumo di fonti

FOR A GREEN ENERGY TRANSITION

Energy transition has become one of the most complex challenges of our time. Energy transition processes are not new in history, but their current connotation is specific because it is based on the rapidity of the changes taking place and on the unpredictability of events. The crucial transition related to the transformation of energy bases on which societies have evolved throughout human history has always had a decisive influence on forms of living.

Over the centuries, the exhaustion of cycles based on current energy sources and the shift towards other emerging sources have induced structural modifications in the functional urban organisation, in its physical structure, in the characteristics of buildings and open spaces, in the infrastructure system, and in the aggregative forms of communities. The necessary energy

produced through the combustion of wood, then coal, and later oil and gas, induced new conceptions of the city and ways of living, promoting population growth and urban expansions, transport, production, and the exploitation of natural resources.

Energy has always been characterised as a crucial factor for the survival of economic, social and political systems through an effort to acquire the energy they need to ensure its flow in biophysical systems. The entire human experience is an evolution process, whose stages are marked by the progressive utilisation of available energy. The structural limits of a 'technical system' – defined by the evolutionary process of a specific society – become apparent at the end of the system's period of maximum expansion, when difficulties emerge in increasing product quantities, containing production

costs and the impossibility of diversification to meet new economic, social and production challenges (Gille, 1986).

Many authors have emphasised the relationship between the type of energy, its use and cultural, scientific and socio-economic evolution, considering some critical parameters to assess the progress of any society, such as the amount of energy produced and exploited per capita, the efficiency of the technological means by which this process takes place and, finally, the quantity of goods and services produced for human needs (White, 1969). The evolution or involution of societies is conditioned by the way they manage and use energy sources and their flows in the environmental and socio-economic system, determining their levels of efficiency and, above all, of entropy, which is constantly increasing in the

energetiche fossili; il secondo, perché il suo contrasto può avvenire unicamente attraverso un “salto” verso nuove fonti energetiche. Con la concentrazione dei gas climalteranti nell’atmosfera, l’imprevedibilità del clima potrebbe diventare ingestibile con l’infrastruttura energetica attuale. Fra i molteplici scenari sull’uso dell’energia, quello maggiormente auspicabile attiene allo sviluppo di un’economia a basse emissioni di carbonio sul doppio asse dell’approccio trasformativo della transizione energetica accanto a un approccio di contenimento dei consumi e degli impatti (Esposito, 2019).

Per l’affermazione di un’economia digitale verde, l’efficienza e la produttività dovrebbero consentire di ridurre l’impronta di carbonio e di abbassare il costo marginale di produzione energetica, favorendo la crescita di un nuovo sistema economico ibrido in cui potrebbe avvenire il disassemblaggio dell’infrastruttura energetica basata sulle fonti fossili e inquinanti, adattando la nuova infrastruttura energetica alle necessità delle energie rinnovabili, riconfigurando inoltre la rete elettrica centralizzata in una sorta di internet dell’energia rinnovabile digitale distribuita e intelligente (Rifkin, 2019). Nel loro mix – che deve confrontarsi con fattori di disponibilità, efficienza e compensazione – le fonti rinnovabili si mostrano capaci di modificare il paradigma tradizionale di generazione dell’energia portando lo scenario sulla cosiddetta “generazione distribuita” e aprendo per qualsiasi soggetto la possibilità di autoprodurre una parte dell’energia di cui ha bisogno (Chiaroni *et al.*, 2019).

La politica svolge un ruolo cruciale nel garantire che vengano raggiunti gli obiettivi di efficienza energetica impostati nella prospettiva del 2050, ricordando il piano *RePowerEU* o il pacchetto *Fit for 55* promossi dall’Unione Europea per tradurre

gli obiettivi intermedi in normativa con la revisione della legislazione in materia di clima, energia e trasporti, nonché l’*Inflation Reduction Act* negli Stati Uniti o il programma *Green Transformation* (GX) in Giappone. Come altri settori produttivi, anche l’edilizia ha incominciato a sganciarsi dall’utilizzo dei combustibili fossili e ad agganciarsi alle energie rinnovabili attraverso tecnologie pulite, efficienti e sostenibili. Il ricorso ai processi di circolarità e resilienza costituisce la base per una prospettiva di società ecologica in cui i combustibili fossili con cui sono attualmente alimentati i metabolismi delle città stanno progressivamente diventando *stranded assets*, beni attivi ma non utilizzabili con la convenzionale e irreversibile intensità e, quindi, destinati a perdere valore nei prossimi anni. La rivista *Nature* nel 2015 ha svolto una stima attendibile delle riserve che rimarrebbero inutilizzate: se si vuole mantenere l’incremento delle temperature globali al di sotto dei 2 °C, l’82% delle riserve fossili non dovrà essere più utilizzata nei prossimi anni (Case-rini, 2016).

L’affermazione delle fonti energetiche rinnovabili rappresenta un fattore nuovo rispetto alla condizione pionieristica da esse rappresentata negli scorsi decenni. Il cambiamento radicale è costituito dall’immissione sul mercato edilizio e, più in generale, dell’energia, di una innovativa classe di tecnologie accompagnata da piattaforme che ne forniscono un nuovo senso e un nuovo valore strategico. Potrà essere fornito valore alla rete che si determina con l’integrazione tra tecnologie di produzione energetica e tecnologie digitali.

Nel rinnovo degli edifici esistenti e nei nuovi concept progettuali elaborati per quelli ex novo, l’innovazione tecnologica gioca un ruolo decisivo per aumentare l’efficienza energetica e

Anthropocene as a consequence of the increased complexity and interdependence of systems. The more a social organism is evolved and complex, the more energy is required to sustain it, and the more entropy is generated in the process. Classical economic theory has never come to terms with the laws of thermodynamics, which express how economic activity consists in ‘borrowing’ low entropy energy inputs from the environment and transforming them into temporary products and services that, at the end of their lifecycle, return to the environment in the form of decayed energy or waste (Rifkin, 2002).

The current energy divide is inextricably linked to the new climate regime for two reasons: first, because global warming, the cause of climate change, is generated by the hyperliberal development model based on the massive

consumption of fossil energy sources; second, because it can only be counteracted by a ‘leap’ towards new energy sources. With the concentration of greenhouse gases in the atmosphere, the unpredictability of the climate could become unmanageable with the current energy infrastructure. Among the multiple scenarios on energy use, the most desirable one relates to the development of a low carbon economy on the dual axis of the transformative approach of energy transition alongside a consumption containment and impact reduction approach (Esposito, 2019).

For the rise of a digital green economy, efficiency and productivity will allow to reduce the carbon footprint and lower the marginal cost of energy production. They will foster the growth of a new hybrid economic system in which the disassembly of the energy infrastructure based on fossil and pol-

luting sources could take place, adapting the new energy infrastructure to the needs of renewables, and reconfiguring the centralised power grid into a kind of distributed and intelligent digital renewable energy Internet (Rifkin, 2019). Availability, efficiency and compensation of renewables are capable of changing the traditional paradigm of energy generation by bringing the scenario onto the so-called ‘distributed generation’ and opening up the possibility for any player to self-produce part of the energy they need (Chiaroni *et al.*, 2019).

Policy has a crucial role to play in ensuring that the energy efficiency targets set in the 2050 perspective are met, recalling the *RePowerEU* plan or the *Fit for 55* package promoted by the European Union to transform intermediate targets into regulations with the revision of climate, energy and transport

legislation, as well as the *Inflation Reduction Act* in the United States or the *Green Transformation* (GX) programme in Japan. Like other production sectors, the building industry has also begun to disengage from the use of fossil fuels to engage with renewable energies through clean, efficient and sustainable technologies. The use of circularity and resilience processes forms the basis for an ecological society perspective in which the fossil fuels with which the metabolisms of cities are currently fuelled are progressively becoming stranded assets, which are active but cannot be used with conventional and irreversible intensity and, therefore, are destined to lose value in the coming years. In 2015 the journal *Nature* made a reliable estimate of the reserves that would remain unused: if the global temperature increase is to be kept below 2°C, 82 per cent of fossil

la dotazione di impianti capaci di captare energia rinnovabile, in modo che gli edifici diventino micro-centrali di generazione energetica.

Attraverso le misure di efficientamento si punta a ridurre il fabbisogno energetico, da coprire tramite fonti energetiche rinnovabili locali, integrando la copertura del restante fabbisogno con le reti energetiche (elettriche, termiche, gas) (Peluchetti *et al.*, 2022). Sarà necessario integrare sistemi di elevato isolamento e capacità termica insieme a sistemi di climatizzazione efficienti, considerando ciascun edificio come una micro-infrastruttura in cui incorporare, in ogni strato e in molteplici punti, le più performanti concezioni tecnico costruttive e tipo-morfologiche insieme alle più efficienti tecnologie di produzione e accumulazione dell'energia.

Gli edifici rappresenteranno così sempre più quella membrana semipermeabile che consente di immagazzinare l'energia, una cellula di un grande organismo tecnologico che unisce un gran numero di comunità impegnate in rapporti economici sociali e politici complessi (Rifkin, 2019) attraverso una connettività digitale in modo che «l'infrastruttura elettrica intelligente distribuita consentirà a consumatori di elettricità prima passivi di divenire gestori attivi della propria elettricità verde» (Rifkin, 2019). Ogni luogo avrà la possibilità di essere relativamente autosufficiente nella produzione di energia green, poiché il surplus di elettricità potrà essere accumulato e successivamente suddiviso in relazione alle esigenze della popolazione, collegando i piccoli operatori non solo nella prospettiva dell'energia ridistribuita ma anche in base a una governance distribuita.

reserves will no longer have to be used in the coming years (Caserini, 2016). The emergence of renewable energy sources is a new factor compared to the pioneering status they represented in the past decades. The radical change is the introduction into the building and, more generally, into the energy market of an innovative class of technologies accompanied by platforms that provide new meaning and strategic value. Value will be provided to the network created by integrating energy production and digital technologies. In the renovation of existing buildings and in the new design concepts developed for new buildings, technological innovation plays a decisive role in increasing energy efficiency and in providing installations capable of capturing renewable energy, so that buildings become micro power plants for energy production.

The aim of efficiency measures is to reduce energy demand, which should be covered by local renewable energy sources, integrating the coverage of the remaining needs with energy networks (electricity, heat, gas) (Peluchetti *et al.*, 2022). It will be necessary to integrate high insulation and thermal capacity systems together with efficient air-conditioning systems, considering each building a micro-infrastructure in which to embody, in each layer and at multiple points, the best performing technical-constructive and type-morphological concepts together with the most efficient energy production and storage technologies. Buildings will thus increasingly represent that semi-permeable membrane for storing energy, a cell of a large technological organism connecting a large number of communities engaged in complex economic, social and political

REFERENCES

- Caserini, S. (2016), *Il clima è (già) cambiato*, Edizioni Ambiente, Milano.
- Chiaroni, D., Chiesa, V. and Frattini, F., (2019), "A rapidi passi verso la smart energy", in Sassoon, E., (ed.) *La sfida planetaria*, Harvard Business Review Italia, Mind, Milano.
- Esposito, M. (2019), "Il nuovo fattore di disruption: il cambiamento climatico" in: Sassoon, E., (ed.) *La sfida planetaria*, Harvard Business Review Italia, Mind, Milano.
- Gille, B. (1986), *History of Techniques*, Routledge, London.
- Rifkin, J. (2002), *Economia all'idrogeno*, Mondadori, Milano.
- Rifkin, J. (2019), *Un green New Deal globale. Il crollo della civiltà dei combustibili fossili entro il 2028 e l'audace piano economico per salvare la terra*, Mondadori, Milano.
- Peluchetti, A., Calderoni, M., Lodigiani, A., Giorgi, E., D'Angelo, L. and Cocco, C. (2022), "Report on operational carbon – Roadmap per la decarbonizzazione del patrimonio costruito al 2050" available at: www.worldgbc.org/buildinglife/.
- White, L.A. (1969), *La scienza della cultura. Uno studio sull'uomo e la civiltà*, Sansoni, Firenze.

relationships (Rifkin, 2019) through digital connectivity so that «distributed smart electricity infrastructure will enable previously passive electricity consumers to become active managers of their own green electricity» (Rifkin, 2019). Every place will have the opportunity to be relatively self-sufficient in green power generation, as surplus electricity can be stored and subsequently divided according to the needs of the population, connecting small operators not only from the perspective of redistributed energy but also on the basis of distributed governance.

Elena Mussinelli, <https://orcid.org/0000-0002-4521-522X>

Dipartimento di Architettura, Ingegneria delle Costruzioni e Ambiente Costruito, Politecnico di Milano, Italia

elena.mussinelli@polimi.it

*«Tutti riceviamo un dono.
Poi, non ricordiamo più
né da chi né che sia.
Soltanto, ne conserviamo
– pungente e senza condono –
la spina della nostalgia».
Res amissa (Caproni, 1991)*

Affrontare il tema della transizione energetica può sembrare quasi un atto dovuto di fronte alla ben nota condizione di crisi dell'attuale contesto socioeconomico. In realtà, come diceva Flaiano più di cinquant'anni fa, «siamo in un'epoca di transizione, come sempre» (Flaiano, 1970): è infatti ormai da lungo tempo che la crisi energetica, così come quelle climatica, ambientale ed ecologica, prospettano l'esigenza di una decisa transizione verso un diverso modello di produzione e consumo, fondato su un più equilibrato rapporto tra uomo e natura. Peraltro, la forza tellurica dell'uomo come agente di modificazione degli ecosistemi e della superficie terrestre era già stata riconosciuta da Antonio Stoppani nel 1873, con la definizione di "era antropozoica", il concetto poi ripreso da Revkin nell'idea di Antropocene (Revkin, 1992). E che il cerchio delle relazioni tra natura, uomo e tecnologia fosse da chiudere già lo segnalava Barry Commoner nel 1971, prima ancora che la crisi petrolifera del 1973 imponesse alla maggior parte delle economie dell'Europa occidentale e degli Stati Uniti di cominciare a parlare di ecologia e risparmio energetico.

A cinquant'anni di distanza è ancora un evento bellico a rimettere al centro la crisi energetica, a fronte di consumi sempre crescenti e del permanere di una domanda largamente dipendente

da riserve di combustibili fossili (petrolio, carbone e gas naturale) destinate all'esaurimento. Ma anche a ricordare la stretta interdipendenza che intercorre tra un modello di sviluppo connotato da rilevanti emissioni di gas serra e da un elevato consumo e spreco delle risorse naturali e gli impatti socioeconomici e ambientali del cambiamento climatico.

I processi di trasformazione dell'ambiente costruito e il settore delle costruzioni continuano a essere i grandi protagonisti di questo scenario critico, sia perché l'edilizia è ancora uno dei settori che maggiormente contribuisce al consumo di energia e materie prime e alle emissioni di gas serra (secondo le stime dell'Agenzia Internazionale dell'Energia, esso è responsabile del 36% dei consumi globali di energia e del 39% delle emissioni di CO₂), sia perché città e territori subiscono gli effetti diretti e indiretti della crisi in termini di sicurezza degli approvvigionamenti, di impatto climatico-ambientale e anche di incremento dei costi.

Lo scenario delineato in sede comunitaria per orientare e governare la transizione verso un sistema energetico a emissioni nette zero, ovvero verso la neutralità climatica (Repower UE, Clean Energy for All Europeans, Green Deal Europe) individua quattro pilastri fondamentali al fine di riuscire a contrastare la crisi energetica: il risparmio di energia, la diversificazione degli approvvigionamenti, la sostituzione dei combustibili fossili con le fonti rinnovabili, la combinazione di investimenti e riforme in modo strategico e mirato.

Obiettivi di decarbonizzazione che il Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima è ora chiamato a rivedere per allineare i cinque assi di intervento integrati già previsti nel documento del 2019 (decarbonizzazione, efficienza e sicurezza energetica

NEW ENERGIES FOR THE REGENERATION OF THE BUILT ENVIRONMENT

Addressing the issue of energy transition may almost seem necessary in the face of the widely known contemporary socioeconomic crisis. Actually, as Flaiano said more than fifty years ago, «we are in an age of transition, as always» (Flaiano, 1970). In fact, it has been a long time now that the energy crisis, as well as the climate, environmental and ecological crises, have been prospecting the need for a decisive transition to a different model of production and consumption, based on a more balanced relationship between man and nature. Moreover, the telluric force of man as an agent of modification of ecosystems and the earth's surface had already been recognised by Antonio Stoppani in 1873, with the definition of the "anthropozoic era", the concept later taken up by Revkin in the idea of the Anthropocene (Revkin, 1992). Moreover, in 1971 Barry Com-

moner had already pointed out that the circle of relations between nature, man and technology was to be closed, even before the 1973 oil crisis that forced most Western European and U.S. economies to start talking about ecology and energy saving.

Fifty years later, it is still a wartime event that restores the central role of the energy crisis, considering the ever-increasing consumption and the persistence of a demand largely dependent on fossil fuel reserves (oil, coal and natural gas) destined for depletion. It is also a reminder of the close interdependence between a development model marked by significant greenhouse gas emissions and high consumption and waste of natural resources, and the socioeconomic and environmental impacts of climate change.

The processes of transformation of the built environment and the construc-

tion sector continue to be the major players in this critical scenario, both because construction is still one of the sectors that contributes most to energy and raw material consumption and greenhouse gas emissions (according to International Energy Agency estimates, it is responsible for 36% of global energy consumption and 39% of CO₂ emissions), and because cities and territories are suffering the direct and indirect effects of the crisis in terms of reliable supplies, climate-environmental impact and also increased costs.

The scenario outlined in the EU framework to guide and govern the transition to a net-zero-emission energy system, i.e., to climate neutrality (EU Repower, Clean Energy for All Europeans, European Green Deal), identifies four key pillars in order to succeed in countering the energy crisis: energy saving, diversification of

sviluppo del mercato interno dell'energia, promozione della ricerca, dell'innovazione e della competitività) alla Comunicazione COM(2023) 62 "A Green Deal Industrial Plan for the Net-Zero Age" entro giugno 2024: con un vero e proprio reindirizzamento delle politiche industriali e di sviluppo del Paese verso investimenti e politiche a supporto della sostenibilità. Non senza criticità e incertezze, sia sul fronte politico che su quello scientifico, che il recente dibattito non ha mancato di evidenziare.

Le posizioni espresse dagli autori invitati a scrivere nel Dossier di questo numero di *TECHNE* indicano chiaramente che è necessaria, possibile e urgente, una svolta decisa e pervasiva verso un modello socioeconomico di tipo circolare (tema già approfondito in *TECHNE* n. 22/2021), basato sulla sobrietà, sulla cura e la manutenzione (Butera), su un consapevole mutamento degli stili di vita (Silvestrini), e sulla logica della "sufficienza" (Boonstra, Pagani).

Il primo snodo non può che essere quello della riduzione dei consumi, certamente quelli energetici ma non solo, con nuovi edifici più efficienti, adottando fonti alternative e rinnovabili (solare, geotermico, eolico, ecc.), ma soprattutto adeguando il patrimonio costruito, con azioni che non necessariamente devono riguardare l'adozione di sistemi, componenti e materiali ad alto tasso di innovazione tecnologica, quanto piuttosto prospettare comportamenti più adeguati nella gestione e nell'utilizzo dei beni edilizi, delle città e dei territori.

Parlando del contesto italiano, spesso si sottolineano le problematiche legate alla inadeguatezza e alla bassa qualità del costruito, dovuta anche alla mancanza di una cultura della manutenzione e della riqualificazione dell'esistente, ma non si può

supply, replacement of fossil fuels by renewable sources, and the combination of investments and reforms in a strategic and targeted way.

Decarbonisation goals the *Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima* (Integrated National Energy and Climate Plan) is now called upon to revise in order to align the five integrated axes of intervention already envisaged in the 2019 document (decarbonisation, energy efficiency and safety, development of the internal energy market, promotion of research, innovation and competitiveness) with Communication COM(2023) 62 "A Green Deal Industrial Plan for the Net-Zero Age" by June 2024. This entails a genuine redirection of the country's industrial and development policies towards investments and policies supporting sustainability. Not without critical issues and uncertainties, both on the political

and scientific fronts, which the recent debate has not failed to highlight.

The positions expressed by the authors invited to contribute papers to the Dossier of this issue of *TECHNE* clearly indicate that a decisive and pervasive turn towards a circular socioeconomic model (a theme already explored in *TECHNE* n. 22/2021), based on sobriety, care and maintenance (Butera), on a conscious change in lifestyles (Silvestrini), and on the rationale of "sufficiency" (Boonstra, Pagani) is necessary, possible and urgent.

The first point can only be to reduce consumptions, certainly those of energy but not only, with new more efficient buildings, adopting alternative and renewable sources (solar, geothermal, wind, etc.), but above all by adapting the built environment with actions that do not necessarily have to aim at adopting systems, components and

dimenticare che il nostro patrimonio edilizio è frutto di una eredità plurisecolare, con permanenze che – valutate sul loro lunghissimo ciclo di vita – dimostrano *performances* di gran lunga superiori a qualsiasi realizzazione contemporanea.

La scala urbana rappresenta un ambito centrale di riflessione, ricerca e sperimentazione, per l'entità degli impatti generati dalle città in chiave energetica, climatica e ambientale, ma anche, viceversa, per i relevantissimi effetti causati dalla crisi energetica, ambientale e climatica sulle città stesse, anche considerando il ruolo chiave dello spazio pubblico, oltre gli aspetti di una mobilità più sostenibile, e l'importanza di azioni sistemiche in grado di produrre benefici di portata sovralocale, urbana e territoriale.

In questa direzione vanno diversi contributi presentati in risposta alla call del n. 26 di *TECHNE*, con la prospettazione di percorsi programmatici e progettuali orientati al superamento dello *standard NZEB*, per la formazione di *Positive Energy Buildings* e *Districts*, così come le sperimentazioni riferite a processi di transizione di tipo comunitario, ispirate alle logiche del *co-design* e a modelli collaborativi di democrazia energetica (Comunità Energetiche di Cittadini-CEC e Rinnovabili-CER). Le comunità, nelle loro diverse forme (locali, identitarie, di interesse, ecc.), quando adeguatamente capacitate, appaiono in fatti come la sede ideale nella quale affrontare in modo proattivo le tematiche del cambiamento climatico, della sostenibilità, dello sviluppo delle rinnovabili, della circolarità. Come scrive Luigi Pellizzoni, docente di Sociologia dell'Ambiente e del Territorio presso il Dipartimento di Scienze Politiche dell'Università degli Studi di Trieste: «L'energia di comunità viene descritta in termini di iniziative in cui le comunità mostrano un elevato grado di

materials featuring a high rate of technological innovation. Instead, more appropriate behaviours should be envisaged for the management and use of building assets, cities and territories. Regarding the Italian context, problems related to the inadequacy and low quality of the built environment are often emphasised, also due to the lack of a culture of maintenance and redevelopment of the existing context. Anyhow, it cannot be forgotten that our built heritage is the result of a centuries-old legacy, with persisting situations that – evaluated over their very long lifecycle – demonstrate performances far superior to any contemporary construction.

The urban scale represents a central area of reflection, research and experimentation, because of the entity of the impacts generated by cities in terms of energy, climate and environment, but

also, conversely, for the very significant effects caused by the energy, environmental and climate crisis on the cities themselves. The key role of public space, beyond the aspects of more sustainable mobility, and the importance of systemic actions capable of producing benefits of supra-local, urban and territorial scope, should also be taken into account.

Several papers submitted in response to the *TECHNE* no. 26 call follow this direction, with the prospective of programmatic and design pathways oriented to overcome the *NZEB standards*, for the formation of *Positive Energy Buildings and Districts*, as well as experiments on transition processes in community settings, inspired by the rationale of *co-design* and collaborative models of energy democracy (Citizens' Energy Communities-CEC and Renewable-CER).

proprietà o controllo e godono di significativi benefici collettivi legati alla generazione, gestione, conservazione, acquisizione e consumo dell'energia; benefici che si estendono alla collettività più ampia nella misura in cui tali iniziative portano a uno sviluppo delle rinnovabili e a una riduzione dei consumi energetici» (Pellizzoni, 2018).

Dai contributi emerge inoltre una visione trasversalmente condivisa circa l'esigenza di integrare la questione energetica nei processi di rigenerazione eco-sociale dei quartieri, dell'edilizia residenziale pubblica e dei servizi, secondo strategie programmatiche e progettuali multilivello, che agiscono in modo organico su tutti gli aspetti ambientali, tecnologici, sociali, funzionali e gestionali che possano assumere rilevanza sovralocale. Anche affrontando le problematiche di compatibilità con le esigenze di tutela e valorizzazione del patrimonio culturale, ambientale e paesaggistico (dai centri storici, ai borghi, alle aree interne e marginali), per coniugare i principi di una necessaria autosufficienza energetica con le criticità e il sistema delle risorse locali (progetti *place/resource based*), e con i valori etici, estetici e identitari dei singoli contesti.

Sul fronte delle procedure e degli strumenti per la decarbonizzazione a scala edilizia, negli ultimi anni si è registrato un crescente interesse per l'innovazione tecnologica finalizzata alla riduzione e al tendenziale azzeramento dei consumi energetici e a una consistente limitazione delle emissioni dei gas serra, sia nelle nuove costruzioni che nell'adeguamento di quelle esistenti, con la messa a punto di soluzioni avanzate in diversi ambiti. Ad esempio, attraverso la regolazione termica automatizzata dei sistemi di riscaldamento/raffreddamento e il monitoraggio e controllo intelligente dei consumi; mediante l'isolamento

termo-acustico degli involucri con materiali altamente performanti; con un crescente utilizzo di fonti energetiche rinnovabili e con l'impiego di materiali riciclabili e/o riciclati, a base di biomasse, biologici ed eco-compatibili. Soluzioni anche sperimentali e spesso in progress, dato che i loro costi, pur se in diminuzione, restano non sempre diffusamente accessibili, nonostante le politiche di incentivazione economica e fiscale.

Tra gli apporti di ricerca e sperimentazione documentati in questo numero di *TECHNE*, si possono richiamare quelli finalizzati alla ottimizzazione delle prestazioni degli involucri edilizi, all'integrazione di sistemi e componenti fotovoltaici termo-elettrici, ai sistemi di accumuli integrati idrici e termici, ma anche contributi a carattere metodologico e operativo per la definizione di procedure e set di indicatori per quantificare le emissioni di CO₂ e per valutare la *Whole Life Carbon*, ovvero le emissioni di carbonio incorporate nelle costruzioni; o ancora per finalizzare le tecnologie digitali e il *Building Information System* (BIS) al monitoraggio dei consumi e all'ottimizzazione degli interventi di riqualificazione del costruito. Soluzioni, o meglio sistemi di soluzioni sempre più interconnesse, sia *high-tech* che *low-tech*, che devono sempre essere caratterizzate da buoni livelli di prestazione al tempo stesso energetica e ambientale, nonché da notevole flessibilità e adattabilità nell'impiego rispetto a contesti insediativi, climatici e produttivi e a manufatti edilizi anche molto diversificati.

Non va però dimenticato un fattore critico che ancora permane nella valutazione dell'effettiva efficacia ed efficienza di tali soluzioni, quello del monitoraggio dei risultati in termini di miglioramento della *performance* ambientale ed energetica, strettamente legata a modalità d'uso degli edifici e degli spazi che

Communities, in their various forms (local, identity-based, interest-based, etc.), when properly capacitated, appear as the ideal framework in which to proactively address the issues of climate change, sustainability, renewables development, and circularity. As Luigi Pellizzoni, Professor of Sociology of Environment and Territory at the Department of Political Science, University of Trieste, writes: «Community energy is described in terms of initiatives by which communities show a high degree of ownership or control and enjoy significant collective benefits related to the generation, management, conservation, acquisition and consumption of energy; benefits that extend to the broader community as such initiatives lead to the development of renewables and a reduction in energy consumption» (Pellizzoni, 2018).

A transversally shared vision also emerges from the contributions about the need to integrate the energy issue into the eco-social regeneration processes of neighbourhoods, public housing and services, according to multilevel planning and design strategies that harmoniously target all environmental, technological, social, functional and managerial aspects of supra-local importance. Also addressing issues of compatibility with the need to protect and enhance cultural, environmental and landscape heritage (from historic centres, to towns, to internal and marginal areas), to combine the principles of a necessary energy self-sufficiency with the criticalities and system of local resources (*place/resource based projects*), and with the ethical, aesthetic and identity values of each context.

With regard to procedures and tools

for decarbonisation at the building scale, in recent years there has been a growing interest in technological innovation aimed at reducing and trending toward zero energy consumption, and a consistent limitation of greenhouse gas emissions, both in new buildings and in retrofitting existing ones, with the development of advanced solutions in several fields. For example, through automated thermal regulation of heating/cooling systems and intelligent monitoring and control of consumption; through thermo-acoustic insulation of envelopes with high performance materials; through increasing use of renewable energy sources; and through the use of recyclable and/or recycled, biomass-based, biological and eco-friendly materials. Solutions that are also experimental and often in progress, since their costs, although decreasing, remain not always widely

accessible, despite economic and fiscal incentive policies.

Among the research and experimentation contributions documented in this issue of *TECHNE*, we can recall those aimed at optimising the performance of building envelopes, the integration of thermo-electric photovoltaic systems and components, and integrated water and thermal storage systems, but also papers on a methodological and operational approach to defining procedures and sets of indicators to quantify CO₂ emissions and to assess *Whole Life Carbon*, that is, carbon emissions embedded in buildings; or even to finalise digital technologies and the *Building Information System* (BIS) to monitor consumption and optimise interventions in the redevelopment of the built environment. Solutions, or rather systems of increasingly interconnected solu-

possono condizionare fortemente i benefici conseguiti (anche sotto il profilo economico). Con consumi energetici reali, ad esempio, spesso superiori rispetto a quelli teorici stimati.

La pratica sistematica del monitoraggio ex-post, dalle verifiche del comportamento dell'opera realizzata, all'accertamento oggettivo degli impatti/benefici ambientali attraverso opportuni indicatori, includendovi non da ultimo i parametri relativi ai sei criteri del *Do No Significant Harm* (DNSH), se ben presente alla comunità scientifica, non appare ancora né diffusamente né rigorosamente praticata, sia perché vista come un ulteriore aggravio burocratico-procedurale, sia per oggettive carenze nelle dotazioni di risorse tecniche e umane nella pubblica amministrazione. Ostacoli necessariamente da superare, sia con investimenti dedicati, sia con l'adozione di metodi e strumenti, anche in parte automatizzati, più snelli e speditivi, e ben focalizzati sulla valutazione del raggiungimento di *target* prioritari, ragionevolmente perseguibili in modo integrato.

Sia il dibattito pubblico che molte posizioni della ricerca scientifica tendono invece a focalizzarsi in modo esasperato sulla sola problematica energetica, anche con esiti paradossali (case unifamiliari a "energia positiva", del tutto insostenibili sotto il profilo del modello insediativo). Da questo punto di vista il progetto resta la chiave di volta per ricordarsi del "dono" e contemperare in modo appropriato al luogo e alle preesistenze ambientali le esigenze di innovazione tecnologica a servizio della transizione energetica con quelle che necessariamente devono garantire la tutela del paesaggio italiano nelle sue identità e peculiarità, entro una visione olistica in grado di produrre, ancora, spazi e luoghi di qualità.

tions, both *high-tech* and *low-tech*, which must always be characterised by high performance standards in terms of energy and environment, as well as by considerable flexibility and adaptability in their use with respect to settlement, climatic and production contexts and to even very diverse building artefacts.

However, we should not forget a critical factor that still lingers in the evaluation of the actual effectiveness and efficiency of such solutions, that of monitoring results in terms of improved environmental and energy performance, which is closely linked to modes of use of buildings and spaces that can strongly affect the benefits achieved (including from an economic perspective). With actual energy consumption, for example, that is often higher than estimated theoretical energy consumption.

The systematic practice of ex-post monitoring, from verifying the behaviour of completed constructions to the objective assessment of environmental impacts/benefits through appropriate indicators, including, not least of all, parameters related to the six criteria of the *Do No Significant Harm* (DNSH), is clear to the scientific community. However, it is neither widely nor rigorously practiced, both because it is seen as an additional bureaucratic-procedural burden, and due to objective deficiencies in the technical and human resource endowments in public administration. Such barriers must necessarily be removed, both through dedicated investments and the adoption of methods and tools, even partly automated, that are more streamlined and expeditious, and keenly focused on assessing the achievement of priority targets, which can be reasonably

REFERENCES

- Flaiano E. (1970), *Il gioco e il massacro*, Adelphi Edizioni.
- Commoner, B. (1971), *The closing circle. Nature, man, and technology* (ed. it. *Il cerchio da chiudere. La natura, l'uomo e la tecnologia*, Garzanti, 1972).
- Revkin A. (1992), *Global Warming: Understanding the Forecast*, Abbeville Press.
- AA.VV. (2017), *Reinventing Construction through a productivity revolution*, McKinsey Global Institute.
- Pellizzoni L. (2018), *Energia di comunità. Una ricognizione critica della letteratura*, in: Giorgio Osti, Luigi Pellizzoni (Ed.) (2018), "Energia e innovazione tra flussi globali e circuiti locali", *EUT Edizioni Università di Trieste*, pp. 17-41.
- pursued in an integrated manner. Instead, both the public debate and many positions of scientific research tend to exaggeratedly focus on the energy issue alone, even with paradoxical outcomes (single-family "positive energy" houses, completely unsustainable from the point of view of the settlement model). In this regard, the project remains the key to remembering the "gift", and to balancing, in a way appropriate to the place and to existing environmental situations, the need for technological innovation at the service of energy transition with needs that must necessarily guarantee protection of the Italian landscape's identities and peculiarities, within a holistic vision still capable of producing quality spaces and places.

Alessandro Claudi de Saint Mihiel¹, <https://orcid.org/0000-0002-4466-0508>

Francesca Thiebat², <https://orcid.org/0000-0003-4478-6693>

¹ Dipartimento di Architettura (DiARC), Università degli Studi di Napoli Federico II, Italia

² Dipartimento di Architettura e Design (DAD), Politecnico di Torino, Italia

alessandro.claudi@unina.it

francesca.thiebat@polito.it

*The Earth Overshoot Day*¹, che misura l'impronta ecologica dell'uomo identificando la data in cui si consumano tutte le risorse a disposizione per un determinato anno, nel 2022 è risultato essere il 29 luglio; solo 20 anni fa era il primo ottobre. Questo significa che oggi la popolazione mondiale avrebbe bisogno delle risorse di circa 1,75 pianeti terra per soddisfare i propri bisogni annuali senza compromettere le risorse future.

Se si continuasse a crescere seguendo l'attuale traiettoria, l'innalzamento delle temperature globali potrebbe raggiungere un livello capace di rendere irreversibili gli impatti sull'ambiente, esponendo il pianeta ad un rischio sistemico di eventi climatici catastrofici, con effetti dirompenti sulla crescita economica, sulla stabilità sociale e sugli equilibri geopolitici².

In questa cornice è maturata la necessità di definire politiche globali mirate al contenimento delle emissioni. Si è trattato di un processo lungo, che ha preso le mosse dall'adozione della Convenzione Quadro delle Nazioni Unite sui Cambiamenti Climatici nel 1992, ha registrato il parziale insuccesso del Protocollo di Kyoto firmato nel 1997 ed è culminato con la sottoscrizione dell'Accordo di Glasgow (COP 26) in cui le parti hanno esaminato i progressi compiuti in relazione agli impegni assunti nel quadro dell'accordo di Parigi del 2015 di mantenere il riscaldamento globale ben al di sotto di 2 °C rispetto ai livelli preindustriali e di proseguire gli sforzi per limitarlo a 1,5 °C.

Un'Europa a emissioni zero entro il 2050; questo l'obiettivo dichiarato dal presidente della Commissione europea Ursula von der Leyen durante la plenaria del Parlamento Ue del gennaio 2020. Il "green deal" europeo si basa su di un piano di investi-

menti di mille miliardi di euro per i prossimi dieci anni in cui l'Europa dovrà avere un ruolo guida per conseguire un impatto climatico zero investendo in soluzioni tecnologiche e innovative, coinvolgendo i cittadini e armonizzando gli interventi in settori fondamentali, quali la politica industriale e la ricerca scientifica. Il problema è che le politiche messe concretamente in campo finora non contemplano una transizione energetica sufficientemente "radicale". L'Europa, nel contesto internazionale, si sta distinguendo positivamente per il piano sul clima "Fit for 55" e per gli obiettivi del progetto REPowerEU, rivisto negli ultimi mesi anche alla luce dell'attuale contesto geo-politico, proponendo una riduzione del 55% delle emissioni di CO₂ entro il 2030 per poi arrivare alla neutralità climatica nel 2050.

Nel piano della EU, l'edilizia è uno dei settori in cui occorre intensificare gli sforzi. Partendo da tali obiettivi e in considerazione del fatto che il 75% degli edifici esistenti è ancora inefficiente sul piano energetico, la nuova proposta di direttiva EPBD "Energy Performance of Building Directive", approvata a marzo 2023 dal Parlamento europeo, introduce nuovi target da raggiungere sia per edifici di nuova costruzione sia per la ristrutturazione di quelli esistenti in linea con le strategie del "Renovation wave for Europe"³. La direttiva estende il calcolo dei consumi energetici e delle relative emissioni di gas climalteranti anche ai materiali e agli elementi che compongono l'edificio, oltre alla fase d'uso dell'edificio, invitando gli stati membri a fissare obiettivi di riduzione delle emissioni di gas serra nell'intero ciclo di vita con l'intento di sviluppare una *Whole life-cycle performance roadmap* per il 2050.

TOWARDS 2050: ENERGY TRANSITION AND DECARBONISATION POLICIES

In 2022 the Earth Overshoot Day¹, which measures the ecological footprint of humanity by identifying the date when all resources available for a given year are consumed, was on 29 July. Just 20 years ago, it was on 1 October. This means that today the global population would need approximately 1.75 Earths' worth of resources to meet its annual needs without compromising future resources.

If we continue to grow following the current trajectory, the increase in global temperatures could reach a level that renders the environmental impact irreversible, exposing the planet to a systemic risk of catastrophic climate events with disruptive effects on economic growth, social stability, and geopolitical balances².

The need to establish comprehensive global policies aimed at reducing emissions has arisen within this con-

text. The process spans several years, commencing with the adoption of the United Nations Framework Convention on Climate Change in 1992. It has since witnessed the mixed success of the Kyoto Protocol signed in 1997 and reached its peak with the Glasgow Agreement (COP26). During this event, participating parties reviewed the advancements made in fulfilling the commitments outlined in the 2015 Paris Agreement, namely the objective of restricting global warming to well below 2 °C above pre-industrial levels and striving to limit it to 1.5 °C.

Zero emissions for Europe by 2050 is the stated goal of the President of the European Commission, Ursula von der Leyen, during the January 2020 plenary session of the European Parliament. The European Green Deal is based on a €1 trillion investment plan for the next ten years, in which Europe

must play a leading role in achieving zero climate impact by investing in technological and innovative solutions, engaging citizens, and harmonising interventions in key sectors such as industrial policy and scientific research.

The problem is that the policies implemented so far do not encompass a sufficiently "radical" energy transition. Within the international context, Europe is positively standing out with its climate plan "Fit for 55" and the objectives of the REPowerEU project, which have been revised in recent months considering the current geopolitical context, proposing a 55% reduction in CO₂ emissions by 2030, leading to climate neutrality by 2050.

In the EU plan, the building sector is one of the areas where efforts need to be intensified. Based on these goals and recognising that 75% of current

La possibilità di un sistema energetico a ridotta, o perfino nulla, intensità di carbonio è certamente coerente con la sua dinamica di lungo periodo di continuo cambiamento strutturale. Ma se l'esperienza storica mostra che il sistema energetico globale è in continuo mutamento, essa evidenzia anche che le passate transizioni hanno richiesto decenni. Il passato non fornisce nessuna esperienza di cambiamenti del sistema energetico comparabile per dimensione e tempi a quelli richiesti dalla transizione net-zero verso l'obiettivo della neutralità climatica (Gracceva, 2022). Siamo alla vigilia di uno straordinario salto tecnologico, dove l'uomo si riorganizzerà come essere e la struttura umana verrà ottimizzata al software. Il problema è come questo processo verrà negoziato, condiviso, controllato e monitorato.

La Natura "fa salti". Anche la tecnologia procede "per salti", non solo perché il processo di innovazione ha molto in comune con i meccanismi genetico-evolutivi della natura, ma anche per la funzione abilitante di tante tecnologie, moderne e non solo. Per alcuni studiosi il progresso tecnologico non è un continuum, un cammino lineare o esponenziale: si passa una soglia, si supera una barriera, ed ecco che cose che prima erano impensabili diventano possibili, fino a determinare un cambio di paradigma, una evoluzione che nulla ha da invidiare ai fenomeni della natura (Marino, 2012).

Il vero cambiamento sta nel coinvolgimento operativo di ogni individuo nei programmi e nelle decisioni pubbliche e private. Cambiare il modello energetico significa cambiare la società, perché definisce un ruolo nuovo per l'individuo, che deve essere positivamente e volontariamente costretto a un atteggiamento più consapevole e attivo sia come consumatore, *smart user*, sia come produttore, *prosumer*⁴.

buildings still lack energy efficiency, the recently approved proposal for the Energy Performance of Building Directive (EPBD), endorsed by the European Parliament in March 2023, introduces fresh targets to be attained for both new constructions and the refurbishment of existing buildings, aligning with the principles outlined in the "Renovation Wave for Europe" strategy³. The directive extends the calculation of energy consumption and related greenhouse gas emissions to the materials and elements that make up the building, as well as the building's use phase, urging member states to set greenhouse gas reduction targets for the entire lifecycle with the intention of developing a Whole Life Performance Roadmap for 2050.

The possibility of a low or even zero carbon energy system is certainly consistent with its long-term dynamics of

continuous structural change. However, if historical experience shows that the global energy system is constantly evolving, it also highlights that past transitions have taken decades. The past provides no experience of system changes comparable in scale and time to those required by the net-zero transition towards the goal of climate neutrality (Gracceva, 2022).

We are on the eve of an extraordinary technological leap, where humans will reorganise themselves as living beings, and human structure will be optimised for software. The problem is how this process will be negotiated, shared, controlled, and monitored.

Nature "makes leaps." Technology also progresses "by leaps", not only because the innovation process has much in common with the genetic-evolutionary mechanisms of nature but also due to the enabling function of many tech-

Per comprendere le ragioni della portata della sfida in atto è necessario partire da una definizione di cosa sia la transizione auspicata nei prossimi tre decenni. In realtà, nonostante la centralità del tema tanto nella pubblicistica quanto nella letteratura scientifica, non esiste una definizione universalmente accettata di transizione energetica (Gracceva, 2022). Il concetto di transizione implica uno stato temporaneo, nel percorso di passaggio da un equilibrio a un altro, dove il cambiamento riguarda «la natura o il modello di come l'energia viene utilizzata all'interno di un sistema» (Araújo, 2014); una definizione che non si limita a includere i cambiamenti associati al mix di fonti di energia, con cui viene spesso identificato il sistema energetico, ma include un ampio insieme di tecnologie, infrastrutture, istituzioni, politiche e pratiche di consumo che determinano la fornitura di "servizi energetici" alla popolazione di una certa regione. Non a caso un importante filone di letteratura, sviluppato da Frank Geels nei primi anni duemila con riferimento alle transizioni tecnologiche e applicato più di recente alla transizione *low-carbon*, lega il cambiamento dello stato di un sistema energetico al cambiamento di una combinazione di risorse, tecnologie, struttura del sistema, scala, economia, comportamenti, politiche. La trasformazione del sistema non richiede dunque semplicemente la nascita e l'affermazione di nuove tecnologie. L'evoluzione tecnologica richiede lo sviluppo contemporaneo di un insieme eterogeneo di elementi, ha cioè natura "sistemica" (Geels, 2002). Nell'introduzione del volume "Energia e civiltà" di Vaclav Smil, Alessandro Lanza, evidenzia la sintesi cronologica del rapporto inscindibile tra uomo ed energia nella storia, ma anche una fondamentale messa a fuoco di come questo rapporto sia destinato a svilupparsi, illuminando i punti critici e le sfide sociali

nologies, both modern and otherwise. For some scholars, technological progress is not a continuum, a linear or exponential path: a threshold is crossed, a barrier is overcome, and things that were previously unthinkable become possible, ultimately leading to a paradigm shift, an evolution that is no less impressive than natural phenomena (Marino, 2012).

The real change lies in the operational involvement of every individual in public and private programmes and decisions. Changing the energy model means changing society because it defines a new role for the individual, who must be positively and willingly compelled to a more conscious and active attitude as consumer, smart user, producer and prosumer⁴.

In order to grasp the scale of the current challenge, it is crucial to begin by defining the desired transition over the

next three decades. Despite the significant attention given to this subject in public and scientific literature, there remains no universally agreed upon definition of energy transition (Gracceva, 2022). The concept of transition implies a temporary state in the process of moving from one equilibrium to another, where the change concerns «the nature or pattern of how energy is used within a system» (Araújo, 2014). This definition goes beyond the changes associated with the energy mix, which is often identified with the energy system, and includes a wide range of technologies, infrastructures, institutions, policies, and consumption practices that determine the provision of "energy services" to the population of a particular region. It is not surprising that an important strand of literature, developed by Frank Geels in the early 2000s with reference to technological

e antropologiche che attendono l'umanità per la salvaguardia delle fonti naturali – dalle quali proprio quell'energia scaturisce – principale fonte di ricchezza e sviluppo della nostra specie.

La conclusione che se ne trae è che non possiamo illuderci di vivere di energia pulita se assieme allo sviluppo di tecnologie capaci di sfruttare in modo efficiente le fonti alternative, non si avvieranno iniziative serie orientate alla drastica riduzione della nostra domanda.

Oltre a investire sulle energie pulite, è indispensabile promuovere nelle società una cultura del limite. Questa è la vera urgenza. La sfida climatica è culturale molto più che tecnologica.

È l'inizio degli anni '70 quando un gruppo di ricercatori del MIT di Boston pubblica "I limiti dello sviluppo" dimostrando che molte problematiche ambientali sono dovute alla crescita demografica ed economica del pianeta (Meadows *et al.*, 1972). Appena tre anni più tardi, la crisi energetica del 1973, conseguente alla "guerra del Kippur" e alla sospensione dei paesi dell'OPEC (*Organization of the Petroleum Exporting Countries*) delle forniture di petrolio destinato a Europa e America, segna a livello mondiale la presa di coscienza della fragilità del sistema energetico, prima di allora fonte indiscussa del progresso e dell'industrializzazione del pianeta.

Il concetto di transizione energetica non è nuovo cinquant'anni dopo.

Crisi sociopolitiche, economiche, ambientali e culturali hanno il solo beneficio di riuscire ad innescare processi di trasformazione che partono da un approccio di tipo sperimentale. La sperimentazione nel campo dell'energia, già a partire dal secolo scorso⁵, ha avuto un ruolo determinante per lo sviluppo tecnologico nell'ambito delle costruzioni nella riduzione del fabbisogno

transitions and more recently applied to the low carbon transition, links the change in the state of an energy system to the change in a combination of resources, technologies, system structure, scale, economy, behaviours and policies. Hence, the transformation of the system does not simply require the birth and establishment of new technologies. Technological evolution requires the simultaneous development of a heterogeneous set of elements; it has a "systemic" nature (Geels, 2002). In the introduction of the book "Energy and Civilization: A History" by Vaclav Smil, Alessandro Lanza underscores the chronological synthesis of the inseparable bond between humans and energy throughout history. Furthermore, it brings into focus the essential understanding of how this relationship is poised to evolve, illuminating the crucial aspects and the

social and anthropological challenges that lie ahead for humanity in safeguarding the natural resources from which energy originates, which serve as the primary source of wealth and development for our species.

The conclusion drawn is that we cannot delude ourselves into living on clean energy if, along with the development of technologies capable of efficiently harnessing alternative sources, we do not initiate serious initiatives aimed at drastically reducing our demand.

In addition to investing in clean energy, it is essential to promote a culture of limits in societies. This is the real urgency. The climate challenge is cultural much more than technological.

In the early 1970s a group of MIT researchers in Boston published "The Limits to Growth," demonstrating that many environmental problems were due to the planet's demographic and

energetico, nell'uso di nuove fonti rinnovabili e nel processo di digitalizzazione.

La transizione intesa come "trasformazione in atto" è legata indissolubilmente al concetto di sperimentazione. Le ricerche e i saggi del numero 26 di *TECHNE* dimostrano che esiste una visione condivisa secondo cui la transizione si potrà attuare partendo da sperimentazioni e innovazioni in sinergia con la comunità, i governi e i cittadini.

Nel 2022 la Commissione Europea ha selezionato 100 città nei 27 stati membri che parteciperanno alla missione dell'UE sulle città intelligenti e climaticamente neutre entro il 2030⁶. Le città selezionate dovranno fungere da centri di dimostrazione e innovazione per consentire a tutte le città europee di diventare climaticamente neutre entro il 2050. La cosiddetta "Cities Mission" rappresenta uno stimolo verso una necessità sempre più urgente di immaginare soluzioni, adottare meccanismi e piani per ridurre – eliminare – il consumo di energia fossile.

A livello globale le città consumano oltre il 65% dell'energia mondiale, causando oltre il 70% delle emissioni di CO₂. Come per la rete internazionale C40 Cities⁷, già attiva dal 2005, che connette più di 80 grandi città in tutto il mondo impegnate nella lotta ai cambiamenti climatici, è importante che le città fungano da ecosistemi di sperimentazione e innovazione e aiutino tutte le altre a diventare climaticamente neutre entro il 2050.

Da una parte emerge la necessità di spingere la sperimentazione verso strategie e soluzioni a scala di quartiere o di edificio, come ad esempio le Comunità Energetiche Rinnovabili (CER) o gli edifici a energia positiva (PEDs), che possano poi essere misurate e verificate, ed eventualmente scalate e adottate su un contesto più ampio. Dall'altra, si fa sempre più forte la necessità

economic growth (Meadows *et al.*, 1972). Just three years later, the 1973 energy crisis, resulting from the "Yom Kippur War" and the suspension of oil supplies to Europe and America by the OPEC (Organization of the Petroleum Exporting Countries), globally marked the awareness of the fragility of the energy system, which had until then been an undisputed source of progress and industrialisation of the planet.

The concept of energy transition is not new fifty years later.

Sociopolitical, economic, environmental and cultural crises have the unique advantage of catalysing transformation processes that begin with an experimental approach. Experimentation in the field of energy, starting from the last century⁵, has played a crucial role in technological advancements in construction, specifically in reducing energy demand, in utilising new re-

newable sources, and in embracing the process of digitisation.

The transition, understood as an "ongoing transformation", is intrinsically connected to the concept of experimentation. The research papers and essays featured in issue 26 of *TECHNE* illustrate a common vision that the transition can be achieved through collaborative experiments and innovations involving the community, governments and citizens.

In 2022, the European Commission selected 100 cities in the 27 member states to participate in the EU's mission on smart and climate-neutral cities by 2030⁶. The selected cities will serve as demonstration and innovation centres to enable all European cities to become climate-neutral by 2050. The so-called "Cities Mission" represents a stimulus towards an increasingly urgent need to imagine solutions, adopt mechanisms

di costruire e rafforzare sinergie tra i soggetti interessati immaginando l'energia (pulita) come bene comune e, come suggerisce Federico M. Butera⁸, di rendere possibili i cambiamenti attraverso leggi e regolamenti che ne promuovano l'effettivo compimento.

NOTE

¹ <https://www.overshootday.org/>.

² IEA (2018). Le stime di crescita dei consumi energetici e delle emissioni di CO₂ fanno riferimento al "Current Policies Scenario" che considera l'evoluzione attesa delle grandezze a politiche invariate.

³ Sul tema specifico della riqualificazione del patrimonio esistente si veda *TECHNE – Journal of Technology for Architecture and Environment*, Vol. 24, HOUSING RENOVATION / RI-INNOVARE L'ABITAZIONE, 2022, available at: <https://oaj.fupress.net/index.php/techne/issue/view/767>.

⁴ Alvin Toffler nel 1980 nel suo libro "The third wave" coniò per la prima volta il termine "prosumer" che è una crasi dei termini *producer* e *consumer*, che indica un consumatore che è a sua volta produttore o, nell'atto stesso che consuma, contribuisce alla produzione.

⁵ Le sperimentazioni visionarie del secolo scorso, come l'infrastruttura per la trasmissione di potenza senza fili di Nikola Tesla nota come Torre Wardenlyffe a Long Island (New York) e operativa nel giugno 1902, sono certamente precorritrici dell'architettura digitale.

⁶ https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP_22_2591.

⁷ <https://www.c40.org/what-we-do/scaling-up-climate-action/energy-and-buildings/>.

⁸ Cfr. "Quale transizione energetica per quale futuro?" intervento presentato dal prof. F. M. Butera al Convegno *Climate Neutral and Smart Cities: la "sfida edilizia" per le città pilota italiane* organizzato da K.EY con Kyoto Club e SITdA il 23 marzo 2023.

and plans to reduce – eliminate – fossil energy consumption.

Globally, cities consume over 65% of the world's energy, causing over 70% of CO₂ emissions.

Similar to the established international network of C40 Cities⁷, which has been operational since 2005 and links more than 80 major cities globally dedicated to combatting climate change, it is vital for cities to function as ecosystems for experimentation and innovation, assisting others in achieving climate neutrality by 2050.

On the one hand, there is a need to push experimentation towards neighbourhood or building-scale strategies and solutions, such as Renewable Energy Communities (CER) or positive energy buildings (PEDs), which can then be measured, verified, and potentially scaled and adopted in a broader context. On the other hand, there is a

growing need to build and strengthen synergies among stakeholders, envisioning (clean) energy as a common good and, as suggested by Federico M. Butera⁸, making changes possible through laws and regulations that promote their effective implementation.

NOTES

¹ <https://www.overshootday.org/>.

² IEA (2018). The estimates of energy consumption and CO₂ emissions growth refer to the "Current Policies Scenario", which considers the expected evolution of these factors under unchanged policies.

³ On the specific topic of retrofitting existing buildings, please refer to the following resource *TECHNE – Journal of Technology for Architecture and Environment*, Vol. 24, HOUSING RENOVATION / RI-INNOVARE L'ABITAZIONE, 2022, available at:

REFERENCES

Araújo, K. (2014), "The emerging field of energy transitions: Progress, challenges, and opportunities", *Energy Research & Social Science*, Vol. 1, pp. 112-121.

Claudi de Saint Mihiel, A. (2020), "A new green deal for climate challenges and urban regeneration", *TECHNE – Journal of Technology for Architecture and Environment*, Vol. 19, pp. 321-326.

Claudi de Saint Mihiel, A. (2021), "Energy transition. The role of smart grids and digital technologies", *TECHNE – Journal of Technology for Architecture and Environment*, Vol. 21, pp. 368-372.

Fouquet, R. (2016), "Lessons from energy history for climate policy: Technological change, demand and economic development", *Energy Research & Social Science*, Vol. 22, pp. 79-93.

Geels, F.W. (2002), "Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes: a multi-level perspective and a case-study", *Research policy*, Vol. 31, n. 8-9, pp. 1257-1274.

Gracceva, F. (2022), "Transizione energetica. Cos'è, perché è difficile, in che misura è realizzabile", *Enea magazine*, Vol. 2-3.

IEA (2021), *Net Zero by 2050 – A Roadmap for the Global Energy Sector* IEA, Paris.

IEA (2022), *World Energy Outlook 2022*, Paris.

IPCC (2022), *Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change, Sixth Assessment Report*, Working Group III.

Marino, J. (2012), "La tecnologia (come la natura) procede per salti", *GARR News*, Vol. 6.

The Economist (2022), *Goodby 1.5°C*, November 5th.

Meadows, D.H., Meadows, D.L.; Randers, J. and Behrens, W.W. (1972), *The Limits to Growth*.

<https://oaj.fupress.net/index.php/techne/issue/view/767>.

⁴ Alvin Toffler coined the term "prosumer" for the first time in 1980 in his book "The Third Wave". It is a combination of the words "producer" and "consumer," referring to a consumer who is also a producer or one who, in the act of consuming, contributes to production.

⁵ The visionary experiments of the last century, such as Nikola Tesla's infrastructure for wireless power transmission, known as the Wardenlyffe Tower on Long Island, New York, which became operational in June 1902, are certainly precursors to digital architecture.

⁶ https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/IP_22_2591.

⁷ <https://www.c40.org/what-we-do/scaling-up-climate-action/energy-and-buildings/>.

⁸ Ref. "Which energy transition for which future?" presentation delivered by Prof. F.M. Butera at the Conference *Climate Neutral and Smart Cities: the "building challenge" for Italian pilot cities* organised by K.EY with Kyoto Club and SITdA on 23 March.

Roberto Pagani, <https://orcid.org/0000-0001-7828-6537>

roberto.pagani@polito.it

Professore Ordinario di Tecnologia dell'Architettura, Politecnico di Torino, Italia

Già Addetto Scientifico del Ministero degli Affari Esteri presso il Consolato Generale d'Italia di Shanghai

I consumi energetici unitari dell'Unione Europea sono significativamente più elevati rispetto ai paesi emergenti. Al momento, i valori pro-capite in Europa sono 2,5 volte superiori rispetto alla Cina e ben 6 volte superiori all'India¹. Questi livelli impongono all'Europa di indirizzare le sue strategie per costituire un esempio, nonostante in termini assoluti il nostro continente contribuisca solo al 10,5% delle emissioni globali. Inoltre, l'Europa continua a mantenere un rilevante potere normativo che ha acquisito negli ultimi decenni con politiche sociali e ambientali innovative. Questa influenza sulle regole del mondo alimenta una linea di comportamento e, al tempo stesso, un vincolo nell'osservare una direzione intransigente.

Federico Butera, nel suo contributo, ha presente questo contesto e si rivolge all'Italia, descrivendone gli obiettivi e le condizioni per raggiungere zero emissioni nette entro il 2050. Per raggiungere la neutralità carbonica e stabilizzare il clima, secondo Butera, non è sufficiente l'investimento tecnologico, ma occorre implementare una strategia economica circolare, agendo sui nostri comportamenti di consumo e sui valori che guidano le nostre azioni.

Le riflessioni sulle strategie necessarie all'Italia si mantengono valide affrontando la scala globale. Due anni fa, alla COP26 di Glasgow, Cina e Stati Uniti avevano siglato una dichiarazione congiunta volta al rafforzamento della loro cooperazione sulla questione climatica al fine di promuovere il raggiungimento degli obiettivi previsti dall'Accordo di Parigi entro il decennio. Come superpotenze, i due paesi hanno la responsabilità di agire a livello globale e coordinare le loro azioni per affrontare la crisi ambientale. Nella dichiarazione, Cina e Stati Uniti avevano

ribadito il loro impegno a mantenere l'aumento della temperatura globale al di sotto dei 2°C e a fare il possibile per limitarlo a 1,5°C. Avevano anche annunciato obiettivi comuni e piani d'azione per ridurre le emissioni di metano, promuovere le energie rinnovabili e far avanzare il processo multilaterale. Tuttavia, alla fine della recente COP27 a Sharm El Sheikh, la collaborazione è stata sostituita da confronti geopolitici. La tensione tra Cina e Stati Uniti ha portato a una riduzione della cooperazione tra le parti e ad una conseguente maggiore autonomia cinese (e indiana) nel contrasto ai cambiamenti climatici. In questo quadro, sembra che l'obiettivo di dare priorità al clima sia stato messo in secondo o terzo piano rispetto ad altre emergenze come la crisi economica, l'aumento del *social gap* e, ultimo ma non meno importante, il ritorno di conflitti armati in Europa.

Sul cambio di contesto, Zha Daojiong offre un punto di vista autorevole, entrando nel merito dell'approccio della Cina alla questione climatica e delle relazioni con le strategie occidentali. Gli scienziati cinesi hanno affrontato il tema del cambiamento climatico sin dal 1970, sottolineando così la percezione anticipata del problema. Da allora, la Cina ha attuato un insieme di politiche con l'obiettivo di trattare il cambiamento climatico come una delle variabili del proprio sviluppo economico, quasi una componente inevitabile del suo aggiornamento industriale. Nel 2021, la Cina ha annunciato il suo obiettivo di raggiungere il picco delle emissioni di carbonio nel 2030 e la neutralità climatica nel 2060. Tuttavia, le politiche industriali attuate dalla Cina conseguentemente all'individuazione di questi obiettivi hanno impattato sulla competitività internazionale (si pensi al fotovoltaico) e hanno fatto scaturire una frizione commerciale

IS IT AN ENERGY TRANSITION?

The per capita energy consumption of the European Union is significantly higher than that of emerging countries. Currently, per capita values in Europe are 2.5 times higher than in China and 6 times higher than in India¹. These levels require Europe to define strategies that set an example, even though in absolute terms our continent only contributes to 10.5% of global emissions. Furthermore, Europe continues to maintain a significant regulatory power acquired in recent decades with innovative social and environmental policies. This influence on global rules fosters a line of behaviour and is also an obligation to follow an uncompromising direction.

In his paper, Federico Butera addresses Italy and describes the objectives and conditions required to achieve net zero emissions by 2050. According to Butera, technological investment does

not suffice to achieve carbon neutrality and stabilise the climate; instead, a circular economic strategy must be implemented by targeting our consumption behaviours and the values that guide our actions.

The reflections on the necessary strategies for Italy remain valid on a global scale. Two years ago, at the COP26 held in Glasgow, China and the United States signed a joint declaration aimed at strengthening their cooperation on the climate issue to promote the achievement of goals set by the Paris Agreement within the decade. As superpowers, the two countries have the responsibility of acting on a global level and of coordinating their actions to address the environmental crisis. In the declaration, China and the United States confirmed their commitment to keep the global temperature increase below 2°C and to do their utmost to

limit it to 1.5°C. They also announced common objectives and action plans to reduce methane emissions, promote renewable energy, and advance the multilateral process. However, at the end of the recent COP27 in Sharm El Sheikh, collaboration was replaced by geopolitical confrontations. Tensions between China and the United States have led to a reduction in cooperation between the parties and a consequent greater Chinese (and Indian) autonomy in combatting climate change. In this context, it seems that the goal of prioritising climate has been put on the back burner compared to other emergency situations, such as the economic crisis, the increased social gap and, last but not least, the return of armed conflicts in Europe.

Zha Daojiong offers his point of view by delving into China's approach to the climate issue and its relations with

nei negoziati internazionali. La Cina, inoltre, nonostante il dichiarato impegno a non investire in nuove centrali a carbone in paesi in via di sviluppo, è ancora fortemente dipendente dal carbone e ciò determina un impatto negativo sulla sua reputazione e sulle relazioni con gli altri paesi. Peraltro, la cooperazione internazionale, in particolare con i paesi europei, è stata una caratteristica chiave degli approcci cinesi al cambiamento climatico e occorre dire che la Cina ha beneficiato molto di questa collaborazione per conseguire uno sviluppo economico pulito e più sostenibile.

Riflettendo sulla mia personale esperienza di connettore tra Europa e Cina, l'assistenza alla Cina affinché progredisca nella tutela ambientale e verso uno sviluppo sostenibile è in linea con la già menzionata influenza normativa che l'Europa esercita a livello globale. La Cina è un fondamentale attore tra le economie emergenti e qualunque progresso nella cooperazione bilaterale aumenta la diffusione di questa influenza su tutto il mondo. Il potere normativo europeo, tuttavia, è stato abbracciato solo selettivamente dalla Cina. Attraverso la cooperazione, la Cina si è voluta garantire il sostegno europeo per avere maggiore peso nelle istituzioni energetiche internazionali, così come sugli altri paesi in via di sviluppo. Mentre l'Europa vede nell'economia a basse emissioni di carbonio una strategia di lungo periodo, in linea con la propria sicurezza energetica, la Cina vede, invece, nella decarbonizzazione lo strumento per realizzare la propria transizione economica, in una chiave di maggiore offerta produttiva con fonti rinnovabili per il mercato internazionale. Sono due modi all'apparenza omologhi, ma nella realtà profondamente diversi, di promuovere la politica delle basse emissioni.

Western strategies. Chinese scientists have been addressing the issue of climate change since the early 1970s, thus emphasising their early perception of the problem. Since then, China has implemented a set of policies aimed at treating climate change as one of the variables in its economic development, almost an inevitable component of its industrial upgrading process. In 2021, China announced its goal of reaching peak carbon emissions by 2030 and climate neutrality by 2060. However, the industrial policies implemented by China following the identification of these objectives have impacted international competitiveness (consider photovoltaics), leading to commercial friction in international negotiations. Moreover, despite the stated commitment not to invest in new coal-fired power plants in developing countries, China is still heavily dependent on

coal, which has a negative impact on its reputation and its relations with other countries. Furthermore, international cooperation, particularly with European countries, has been a key feature of China's approaches to climate change, and it must be said that China has benefitted greatly from this collaboration in achieving cleaner and more sustainable economic development.

Reflecting on my personal experience as a connector between Europe and China, assisting China in progressing towards environmental protection and sustainable development is in line with the aforementioned normative influence Europe exercises globally. China is a key player among emerging economies, and any progress in bilateral cooperation increases the diffusion of this influence worldwide. However, European normative power has been selectively embraced by

Rifocalizzando sull'Europa, alcuni tra noi ricercatori già 40 anni fa immaginavano un futuro sostenibile, basato sulle energie rinnovabili e vedevano per questo secolo la concreta possibilità di realizzare un'alternativa energetica. Il contributo di Chiel Boonstra, uno dei pionieri dell'efficienza energetica, esprime una visione applicata su un'area urbana che mira ad aumentare la 'sufficienza energetica' e a promuovere l'uso di fonti sostenibili. L'idea che ci trasmette si basa sul concetto di isola, dove l'energia è generata e utilizzata all'interno della comunità, riducendo la necessità di importazioni ed esportazioni e portando a costi energetici più bassi. La visione si concentra anche su quella che Boonstra definisce "energia lenta", che regola l'utilizzo di accumuli di energia per adattarsi alla variabilità delle forniture di energia rinnovabile. L'obiettivo è ridurre le emissioni di CO₂ e mantenere bassi i costi energetici per la popolazione. Il successo di queste strategie dipenderà dalla partecipazione dei residenti e dallo sviluppo di comunità autosufficienti che possano connettere fonti energetiche rinnovabili e soluzioni di immagazzinamento a prezzi accessibili.

Riusciremo in Europa a trasformare il modello energetico ispirandolo alla "sufficienza"? Siamo pronti a innovare ulteriormente ponendoci come punto di riferimento internazionale, istruendo processi ispirati a un futuro che 'ripudi' l'energia fossile? Per sapere se ce la faremo, dobbiamo pensare diversamente anche alla transizione energetica italiana. In un paese privilegiato per le sorgenti di energia rinnovabile come l'Italia, l'energia solare, eolica, geotermica e da biomassa dovrebbero assumere una posizione primaria nella conversione energetica del Paese. Sono queste le energie su cui occorre concentrare un piano radicale di trasformazione energetica. Tuttavia, non

China. Through cooperation, China has secured European support to have greater weight in international energy institutions, as well as over other developing countries. While Europe sees a low-carbon economy as a long-term strategy, consistently with its own energy security, China sees decarbonisation as a tool to achieve its economic transition, with a focus on increased production and supply of renewable energy sources for the international market. These are two seemingly similar but fundamentally different ways of promoting low-emissions policies.

Refocusing on Europe, some of us researchers already imagined a sustainable future based on renewable energy 40 years ago, and saw, for this century, the concrete possibility of creating an energy alternative. Chiel Boonstra's paper, one of the pioneers of energy

efficiency, expresses an applied vision for an urban area aimed at increasing "energy sufficiency" and promoting the use of sustainable sources. The idea he conveys is based on the "island concept", where energy is generated and used within the community, reducing the need for imports and exports and leading to lower energy costs. The vision also focuses on what Boonstra calls "slow energy", which regulates the use of energy storage to adapt to the variability of renewable energy supplies. The goal is to reduce CO₂ emissions and keep energy costs low for the population. The success of these strategies will depend on both the participation of residents and the development of self-sufficient communities that can connect renewable energy sources and affordable storage solutions. Will we, in Europe, be able to transform the energy model by inspiring

è sufficiente e neppure vantaggioso agire esclusivamente su un'offerta energetica sostenibile, occorre ridurre decisamente la domanda.

Avvicinandosi alla visione di Boonstra sulla "sufficienza energetica", Gianni Silvestrini sottolinea la necessità di affrontare il cruciale problema della mobilità e il suo impatto sulle emissioni di gas serra. Il settore dei trasporti è stato l'unico settore in Europa ad avere un aumento delle emissioni di gas serra nell'ultimo decennio. I futuri scenari di mobilità dipenderanno, quindi, dalle politiche adottate ai vari livelli, e in particolare dai sindaci. Per ridurre l'uso dell'auto, sarà necessario migliorare il trasporto pubblico, aumentare il *car sharing* e le piste ciclabili, ma saranno necessarie anche misure per scoraggiare l'uso dell'auto. L'impatto sulle città sarà significativo con l'eliminazione di molti posti auto che potranno essere trasformati in aree verdi e piste ciclabili. Risulterebbe quindi necessario ribaltare il disinvestimento progressivo nei servizi pubblici puntando, invece, su una diffusione capillare di servizi efficienti ed accessibili.

L'Europa deve conciliare un certo dogmatismo con la necessità di essere pragmatica. Nascono molte domande. Come si riesce a conciliare la volontà di essere "leader" nel conseguire la decarbonizzazione, con l'esigenza di mantenere le filiere produttive nell'industria metalmeccanica e automobilistica, senza perdere posti di lavoro? Come contrastare chi corre da anni, più velocemente, ed è più pronto a cogliere la sfida della conversione elettrica della mobilità, ossia la Cina? Non sarebbe stato preferibile creare prima le infrastrutture, completare la generazione rinnovabile e successivamente riconvertire l'industria dell'autoveicolo? Ora, tuttavia, a decisioni confermate, il comparto industriale europeo deve mantenere una rotta per non invalidare

it with "sufficiency"? Are we ready to innovate further, positioning ourselves as an international landmark and instructing processes inspired by a future that 'rejects' fossil energy? To know if we shall succeed, we must also think differently about the Italian energy transition. In a country privileged for renewable energy sources like Italy, solar, wind, geothermal, and biomass energy should take a primary position in the country's energy conversion. These are the energies on which a radical plan for energy transformation should focus. However, it is neither enough, nor advantageous, to act exclusively on sustainable energy supplies. We need to significantly reduce demand.

Approaching Boonstra's vision of "sufficiency" in energy, Gianni Silvestrini emphasises the need to address the crucial problem of mobility and its impact on greenhouse gas emissions.

The transport sector was the only sector in Europe to record an increase in greenhouse gas emissions in the last decade. Future mobility scenarios will, therefore, depend on policies adopted at various levels and, in particular, by mayors. To reduce car use, it will be necessary to improve public transport, increase car-sharing and cycle lanes, but measures will also be needed to discourage car use. The impact on cities will be significant with the elimination of many parking spaces that can be transformed into green areas and cycle paths. It would, therefore, be necessary to address the entropic trend of progressive disinvestment in public services by, instead, focusing on a widespread and pervasive diffusion of efficient and accessible services.

How can Europe reconcile a certain dogmatism with the need to be pragmatic? How can the desire to be

gli investimenti fatti e per riuscire a competere in una condizione energetica molto impegnativa. Tuttavia, non è la prima volta e non sarà l'ultima che sperimentiamo una trasformazione energetica. Si tratta di transizione, oppure semplicemente di un nuovo passaggio storico?

Lorenzo Matteoli è di questo secondo avviso quando sostiene che la storia non è una serie di "eventi" o "blocchi", ma piuttosto una continuità complessa di interazioni tra fattori spaziali, geografici, politici, temporali, culturali e antropologici. Propone che la definizione attuale di "transizione" assuma la storia come una sequenza di episodi e sostiene che il concetto di "transizione" è errato perché la storia è una continuità. Il suo testo suggerisce che l'obiettivo non dovrebbe essere quello di analizzare la transizione verso uno stato "oltre-il-petrolio", ma di analizzare le specifiche condizioni della continuità complessa che porteranno a questo stato al fine di controllare lo sviluppo verso il futuro desiderato. Occorre un quadro di *governance* globale per stabilire e garantire la continuità di un pianeta ad alta efficienza energetica e la potenziale istituzione di un'autorità competente globale per risolvere le attuali disuguaglianze.

Forse hanno ragione coloro i quali reclamano un 'Ministero per il Futuro', promosso dalle Nazioni Unite, che ci aiuti a prendere decisioni condivise sul contrasto al cambiamento climatico e sulle sfide che via, via si faranno sempre più complesse, pervasive e letali. Se è vero che non c'è una transizione, ma solo una continuità, questa continuità ha purtroppo un segno che tende alla maggiore frequenza di disastri, alla maggiore pericolosità, al maggior costo per gli umani. Creiamo il 'Ministero per il Futuro', ci aiuterà a prevedere, prevenire, adattarci!

a "leader" in achieving decarbonisation be reconciled with the need to maintain production chains in the metalworking and automotive industries without losing jobs? How can we compete with those who have been running faster for years and are more prepared to take on the challenge of a conversion to electric mobility, such as China? Would it have been preferable to first create the infrastructure, complete renewable generation, and then convert the car industry? However, with decisions confirmed, the European industrial sector must maintain a course in order not to invalidate the investments made and to be able to compete in a very challenging energy scene. However, this is neither the first time nor will it be the last that we experience an energy transformation. Is it a transition, or simply a new historical continuity?

Lorenzo Matteoli is of the opinion that history is not a series of "events" or "blocks", but rather a complex continuity of interactions between spatial, geographical, political, temporal, cultural, and anthropological factors. He proposes that the current definition of "transition" considers history as a sequence of episodes, and argues that the concept of "transition" is flawed because history is a complex continuity. His paper suggests that the goal should not be to analyse the transition to a state "beyond-oil," but to analyse the specific conditions of the complex continuity that will lead to this state in order to control development towards the desired future. He says that a global governance framework is needed to establish and ensure the continuity of a high energy efficiency planet, and for the potential establishment of a competent global authority capable of solv-

NOTE

¹ Secondo i dati dell'Agenzia internazionale dell'energia (IEA), nel 2019 gli Stati Uniti hanno avuto il più alto consumo di energia pro-capite tra i quattro paesi menzionati, con circa 8,9 tonnellate metriche equivalenti di petrolio (MTOE) per persona. L'Unione europea (UE) ha avuto un consumo di energia pro-capite di circa 6,9 MTOE per persona, mentre la Cina e l'India hanno avuto livelli di consumo di energia pro-capite decisamente più bassi, di circa 2,8 MTOE e 1,2 MTOE per persona, rispettivamente.

REFERENCES

U.S. Department of State (2021), "U.S.-China Joint Glasgow Declaration on Enhancing Climate Action in the 2020s". Available at: <https://www.state.gov/u-s-china-joint-glasgow-declaration-on-enhancing-climate-action-in-the-2020s/>.

Stanley Robinson, K. (2021), *The Ministry for the Future*, Little Brown Book Group.

ing current inequalities. He also notes that it is unlikely to happen and that, instead, countries will proceed at their own pace, where some will succeed and others will not.

Perhaps those who call for a 'Ministry for the Future', promoted by the United Nations, are right in helping us make shared decisions about combatting climate change and the challenges that will increasingly become more complex, pervasive, and lethal. If it is true that there is no transition, but only continuity, unfortunately this continuity tends towards a greater frequency of disasters, greater danger, and greater cost to humans. Let us create the 'Ministry for the Future', it will help us predict, prevent, and adapt!

NOTES

According to data from the International Energy Agency (IEA), in 2019 the United States had the highest per capita energy consumption among the four countries mentioned, at around 8.9 metric tons of oil equivalent (MTOE) per person. The European Union (EU) had a per capita energy consumption of about 6.9 MTOE per person, while China and India had significantly lower levels of per capita energy consumption, at about 2.8 MTOE and 1.2 MTOE per person, respectively.

Federico M. Butera,
Professore emerito, Politecnico di Milano, Italia

federico.butera@polimi.it

Premessa

L'Unione Europea, e quindi l'Italia che ne è parte, si è posta come obiettivo il raggiungimento della condizione "emissioni nette zero" nel 2050. Molti pensano che ciò implichi solamente uno sforzo tecnologico, dalle tecnologie del fossile a quelle del rinnovabile, quindi una transizione certamente complicata, magari costosa, ma che non inciderà sulla nostra vita quotidiana, visto che tutto continuerà a funzionare come prima, solo una sostituzione di fonti energetiche. Ma non è così, tutt'altro, e vediamo perché, facendo specifico riferimento al caso Italia.

Italia a emissioni nette zero nel 2050

Gli unici documenti ufficiali che affrontano il tema della transizione energetica italiana, ponendo come obiettivo emissioni nette zero al 2050, sono la *Strategia italiana di lungo termine sulla riduzione delle emissioni dei gas a effetto serra* (Ministeri vari, 2021), e il *Piano per la Transizione Ecologica* (MiTE, 2022), che incorpora le indicazioni del primo. Questi documenti mostrano che l'obiettivo si può raggiungere e che le condizioni per raggiungerlo sono:

1. Il settore edifici dovrà essere a emissioni zero, riducendo fortemente la domanda di energia attraverso l'aumento della efficienza energetica e fornendo questa energia esclusivamente con fonti rinnovabili (elettricità per le pompe di calore, caldaie a biomassa e teleriscaldamento in cogenerazione, pure a biomassa).
2. Il settore trasporti dovrà essere pure a emissioni zero, riducendo il parco autoveicoli del 40% di quello attuale, e alimentando i mezzi di trasporto (auto, bus, camion, treni, navi ae-

rei) con elettricità rinnovabile, o biocombustibili, o idrogeno verde (prodotto con fonti rinnovabili), oppure combustibili di sintesi verdi (ottenuti da idrogeno verde e carbonio da biomassa), a seconda di quale sia più appropriato.

3. Il settore industria dovrà, per gli usi energetici, ricorrere il più possibile alle fonti rinnovabili, e per gli usi non energetici cercare di eliminare le fonti fossili trasformando i processi produttivi in modo da poter adoperare idrogeno verde. Rimarrà una quota di emissioni da compensare.
4. Per il settore agricoltura è prevista la razionalizzazione di alcune pratiche, qualche innovazione e l'uso di energia rinnovabile. Anche qui c'è un residuo di emissioni da compensare.

Per soddisfare la domanda di energia rinnovabile occorrerà installare impianti fotovoltaici per una potenza compresa fra i 200 e i 300 GW e impianti eolici (a terra e offshore) per 40-50 GW, combinati con un sistema di accumulo chimico (batterie), idraulico (pompaggio) e di idrogeno prodotto durante i periodi di sovrapproduzione solare ed eolica, e immagazzinato. A ciò si aggiunge una quota di biomassa legnosa e di biogas da rifiuti organici.

Tuttavia non basta, c'è da compensare i residui emissivi dell'industria e dell'agricoltura.

Una compensazione parziale delle emissioni residue si otterrà grazie alla capacità di assorbimento della CO₂ da parte dei boschi, incrementata da una più attenta politica di prevenzione degli incendi e di cura del bosco associata all'aumento del verde urbano.

Così facendo, tuttavia, la neutralità carbonica non sarebbe ancora raggiunta. Per raggiungerla, si afferma nei documenti, bisognerà anche soddisfare una delle seguenti due condizioni:

NET ZERO EMISSIONS BY 2050: A TECHNOLOGICAL TRANSITION OR A CULTURAL REVOLUTION?

Foreword

The European Union and, therefore, Italy, which is part of it, has set the goal of achieving 'net zero emissions' by 2050. Many people think this only implies a technological effort to switch from fossil fuel to renewable technologies, thus a transition that is certainly complicated, perhaps costly, but one that will not affect our daily lives, since everything will continue to function as before. It will merely involve a substitution of energy sources. But this is not the case, far from it. Let us see why, with specific reference to the Italian case.

Italy net zero emissions in 2050

The only official documents addressing Italy's energy transition and setting zero net emissions by 2050 as a goal are the Italian Long-Term Strategy on Reducing Greenhouse Gas Emissions

(Ministeri vari, 2021), and the Ecological Transition Plan (MiTE, 2022), which incorporates the former's indications. These documents show that the target can be achieved, and that the conditions for achieving it are the following:

1. The buildings sector will have to be zero-emission, strongly reducing the demand for energy by increasing energy efficiency and supplying this energy exclusively from renewable sources (electricity for heat pumps, biomass boilers and cogeneration district heating, also from biomass).
2. The transport sector will also have to be zero-emission, thus reducing the vehicle fleet by 40 per cent of the current one, and supplying means of transport (cars, buses, lorries, trains, ships, planes) with renewable electricity, or biofuels, or green hy-

drogen (produced from renewable sources), or green synthetic fuels (made from green hydrogen and carbon from biomass), whichever is most appropriate.

3. Industry will have to utilise renewable sources as much as possible for energy-related uses, and try to eliminate fossil sources for non-energy uses by transforming production processes to enable the use of green hydrogen. A percentage of emissions to be offset will remain.
4. The agricultural sector will have to rationalise some practices, introduce some innovation and make use of renewable energy. Here, too, there is a residue of emissions to be offset.

Meeting the demand for renewable energy will require photovoltaic plants of 200-300 GW and wind power plants (onshore and offshore) of 40-50 GW,

- sotterrare, mediante la tecnica della CCS (Carbon Capture and Storage, Cattura e Stoccaggio del Carbonio) il residuo di CO₂ prodotta nel settore industriale, evitando così che vada in atmosfera, oppure
- applicare pienamente e correttamente i principi dell'economia circolare.

La prima soluzione è sostenuta dalle compagnie Oil&Gas, che vedono in questa tecnica la possibilità di continuare a estrarre e vendere gas. La comunità scientifica, invece, guarda con molta preoccupazione alla CCS a causa dei pericoli insiti nel sistema. Inoltre i costi della cattura e sotterramento della CO₂ sono attualmente molto elevati. Infine, la CCS è una soluzione temporanea: una volta saturati tutti i siti idonei al sotterramento, e non sono molti, che si fa? È una soluzione che si limita a rinviare il problema tenendo in vita le fonti fossili. Tanto vale adottare subito una soluzione definitiva.

L'economia circolare precondizione della transizione ecologica

La soluzione definitiva è l'economia circolare, che è uno dei pilastri su cui si basa il Green Deal Europeo, e che richiede che i prodotti siano durevoli, riparabili, riusabili, e infine riciclabili. Se i prodotti durano di più se ne riduce la necessità di sostituzione, dunque occorre produrne di meno. Alla riduzione della produzione si associa la riduzione della domanda di energia e di materia, oltre che delle emissioni di CO₂. Per questo l'economia circolare è anche la precondizione per invertire l'attuale tendenza verso la crescita indefinita della domanda di energia, crescita che si scontrerebbe con la limitatezza della quantità di risorse minerarie disponibili per realizzare gli impianti di produzione e di accumulo.

combined with batteries, pumped hydroelectric energy storage and hydrogen storage, as hydrogen is produced during periods of solar and wind overproduction. Added to this is a percentage of wood biomass and biogas from organic waste.

However, this is not enough; residual emissions from industry and agriculture must be offset.

Partial offsetting of residual emissions will be achieved through the CO₂ absorption capacity of forests, enhanced by a more careful policy of fire prevention and forest care combined with an increase in urban greenery.

In doing so, however, carbon neutrality would not be attained. To achieve it, the documents state that one of the following two conditions would also have to be met:

- store the residual CO₂ produced in the industrial sector underground

by means of CCS (Carbon Capture and Storage), thus preventing it from going into the atmosphere, or - fully and correctly apply the principles of circular economy.

The first solution is supported by oil and gas companies, which see in this technique the possibility of continuing to extract and sell gas. The scientific community, on the other hand, views CCS with great concern because of the risks inherent in the system. Moreover, the costs of capturing and storing underground CO₂ are currently very high. Finally, CCS is a temporary solution. Indeed, once all suitable underground storage sites are saturated, and there are not many of them, what then? It is a solution that merely postpones the problem by keeping fossil fuels alive. It would be better to adopt an ultimate solution now.

Inoltre, l'applicazione all'agricoltura dei principi dell'economia circolare spinge verso l'agroecologia, che aumenta la quantità di carbonio accumulato nel suolo e tende a minimizzare l'uso di fertilizzanti artificiali e di pesticidi, con grande beneficio per la biodiversità, oltre a contribuire alla riduzione delle emissioni di CO₂. A questo si aggiunge la riduzione degli allevamenti intensivi, che sono la principale causa di emissioni del settore.

Dunque, con l'economia circolare si può raggiungere la condizione emissioni nette zero nel 2050 senza ricorrere alla rischiosa, costosa e solo dilatoria CCS, riducendo la dimensione degli impianti di produzione e degli accumuli (e quindi l'investimento) e contribuendo alla lotta contro la perdita di biodiversità, che è un altro obiettivo del Green Deal Europeo.

Impatto economico, culturale e politico della neutralità carbonica

Il vero problema è che mettere in atto l'economia circolare ha effetti di grande rilievo sul nostro stile di vita e sulla governance politica.

Dobbiamo abituarci a essere sobri, a non lasciarsi allettare dalle lusinghe della pubblicità che ci induce a volere quello che ha il vicino, anche se non ci serve, non ci migliora la qualità della vita. Abituarcisi ad acquistare un capo di vestiario durevole, magari più costoso, invece di dieci più a buon mercato ma resi obsoleti dalla moda dopo pochi mesi. Abituarcisi a scambiare i prodotti, a noleggiare invece di comprare quelli che ci servono occasionalmente. Abituarcisi a far riparare gli elettrodomestici, le apparecchiature elettroniche, invece di comprare tutto nuovo. Dobbiamo abituarci a mangiare meno carne, a comprare prodotti alimentari il più possibile a km zero e biologici – e sfu-

The real issue is that implementing circular economy has major effects on our lifestyle and political governance. We have to get used to being sober, not

Circular economy, a precondition for the ecological transition

The ultimate solution is circular economy, one of the pillars on which the European Green Deal is based. It requires products to be durable, repairable, reusable, and ultimately recyclable. If products last longer, the need for replacement is reduced, so less has to be produced. Reduced production is associated with reduced demand for energy and materials, as well as reduced CO₂ emissions. This is why circular economy is also the precondition for reversing the current trend towards an indefinite rise in energy demand, which would clash with the limited availability of mineral resources to construct production and storage facilities. In addition, the application of circular economy principles to agriculture pushes towards agroecology, which increases the amount of carbon stored in

the soil and tends to minimise the use of artificial fertilisers and pesticides. This benefits biodiversity and contributes to reducing CO₂ emissions. Added to this is the reduction of intensive livestock farming, which is the main cause of emissions in the sector.

Thus, with circular economy, net zero emissions in 2050 can be achieved without resorting to risky, expensive and merely dilatory CCS, reducing the size of production and storage facilities (and thus the investment), and contributing to fight the loss of biodiversity, which is another goal of the European Green Deal.

Economic, cultural and political impact of carbon neutrality

The real issue is that implementing circular economy has major effects on our lifestyle and political governance. We have to get used to being sober, not

si. Chi vive in città deve abituarsi a non possedere l'auto, ma a fare ricorso al car sharing, quando occorre, privilegiando comunque la bici (anche elettrica) o il monopattino elettrico.

Dobbiamo abbandonare il consumismo.

Da parte della governance politica il compito è quello di creare le condizioni affinché il cittadino consapevole possa cambiare il suo stile di vita senza ostacoli. Intanto, per esempio, occorrono leggi che impongano che i prodotti siano obbligatoriamente riparabili, bisogna proibire i prodotti usa-e-getta, imporre il deposito su cauzione, tassare le carni rosse e detassare i prodotti biologici. Inoltre, con l'economia circolare si ha il passaggio da una economia basata prevalentemente sulla produzione a una basata prevalentemente sulla manutenzione. È una transizione che va guidata, per i suoi effetti sul sistema produttivo, e sull'occupazione. E c'è di più. Riducendo la produzione di beni e servizi il PIL potrebbe contrarsi. Bisogna quindi accettare il principio che la crescita indefinita del PIL non è l'obiettivo politico-economico da inseguire ad ogni costo, per un paese sviluppato come l'Italia, perché un PIL anche minore ma più equamente distribuito fra i cittadini innalzerebbe la qualità della vita dei meno abbienti senza diminuire quella dei più ricchi, e in più contribuirebbe a difenderci dal cambiamento climatico e dalla perdita di biodiversità.

La piena applicazione dell'economia circolare postula dunque il cambiamento del modello economico oggi imperante, e del modello culturale che ad esso è legato, secondo il quale il benessere è funzione della quantità di beni che si possiedono.

Si tratta di rimettere al centro, a livello individuale, collettivo e politico, valori ormai desueti, quali la sobrietà e la solidarietà. E di combattere chi questo cambiamento non vuole.

to be enticed by the lure of advertising that induces us to want what the neighbour has, even if we do not need it and it does not improve our quality of life. Getting used to buying one durable garment, which is perhaps more expensive, instead of ten cheaper ones that become obsolete in terms of fashion after a few months. Getting used to swapping products, to renting instead of buying what we need occasionally. Getting used to having household appliances, electronic equipment repaired, instead of buying everything new. We have to get used to eating less meat, to buying as much zero-km and organic food as possible – and in bulk. Those who live in the city must get used to not owning a car, resorting to car sharing, instead, when necessary, while still favouring the bicycle (also electric) or the electric scooter. We must abandon consumerism.

Political governance is called to create the conditions for the conscious citizen to change his or her lifestyle unhindered. In the meantime, for example, laws are needed to make it compulsory for products to be repairable. Disposable products must be banned, deposit return systems must be imposed, red meat must be taxed, while organic products must be tax free.

Furthermore, circular economy marks a transition from a predominantly production-based economy to a predominantly maintenance-based economy. Such a transition must be guided, considering its effects on both the production system and employment.

And there is more. Reducing the production of goods and services could cause GDP to contract. It is, therefore, necessary to accept the principle that indefinite GDP growth is not the political-economic objective to be pursued at all costs for a developed country like Italy,

Conclusion

La neutralità carbonica, e più ancora la successiva necessaria riduzione della concentrazione di gas serra in atmosfera per ristabilizzare il clima, non è ottenibile se non si pone in atto l'economia circolare. Ne segue che sono due i problemi da affrontare: da una parte modificare i nostri stili di vita, i valori che guidano le nostre azioni, e dall'altra spingere chi ci governa a creare le condizioni perché ciò avvenga, che implica combattere tutti quei soggetti che nell'economia circolare vedono un ostacolo alla crescita e all'accumulo dei propri profitti: le potenti compagnie Oil&Gas, le case automobilistiche, l'industria agro-alimentare, i produttori di beni di consumo, e tutti quelli che prosperano grazie al corrente modello economico-culturale basato sul consumismo compulsivo e la crescita illimitata. Dunque, la transizione energetica non è una semplice transizione tecnologica, tutt'altro, è una rivoluzione culturale, e come tale va affrontata.

REFERENCES

Ministeri vari (2021), "Strategia italiana di lungo termine sulla riduzione delle emissioni dei gas a effetto serra". Available at: https://www.mite.gov.it/sites/default/files/lts_gennaio_2021.pdf (Accessed on 11/01/2023).

MiTE (2022), "Piano per la transizione ecologica". Available at: <https://www.mite.gov.it/sites/default/files/archivio/allegati/PTE/PTE-definitivo.pdf> (Accessed on 11/01/2023).

as a GDP that is even smaller but more evenly distributed among citizens would raise the quality of life of the less well-off without diminishing that of the richest. It would also help defend us from climate change and the loss of biodiversity. Hence, full application of circular economy requires a change in the economic model that prevails today, and in its associated cultural model, according to which well-being is a function of the quantity of goods one possesses.

It is a matter of restoring the central role – on an individual, collective and political level – of values that are now obsolete, such as sobriety and solidarity, and of fighting those who do not want this change.

Conclusion

Carbon neutrality and, even more so, the subsequent necessary reduction in the concentration of greenhouse gases in the atmosphere to re-stabilise

the climate cannot be achieved unless circular economy is implemented. It follows that there are two problems to be addressed: on the one hand, we need to change our lifestyle, the values that drive our actions and, on the other hand, we must push those who govern us to create the conditions for this to happen. This implies fighting all those who see circular economy as an obstacle to the growth and the accumulation of their profits: the powerful oil and gas companies, car manufacturers, the agri-food industry, manufacturers of consumer goods, and all those who thrive on the current economic-cultural model based on compulsive consumerism and unlimited growth. So, the energy transition is not just a technological transition; far from it, it is a cultural revolution, and must be approached as such.

Zha Daojiong, <https://orcid.org/0000-0002-2307-3240>

Professore di Economia politica internazionale

Scuola di Studi Internazionali, Istituto per la Cooperazione e lo Sviluppo Sud-Sud, Università di Pechino, Cina

zhadaojiong@pku.edu.cn

Il tema della Cina e del cambiamento climatico ha ricevuto una forte attenzione nelle scienze sociali e naturali sia all'interno, sia all'esterno del paese. Non c'è carenza di letteratura sulla logica economica e scientifica, sulle opzioni e sulle decisioni politiche, oltre ai risultati e allo spazio per un'azione continua. Lo scopo di questa nota è quello di aiutare i lettori ad apprezzare l'interazione tra fattori nazionali e internazionali che hanno plasmato e continueranno a plasmare le azioni della Cina sul cambiamento climatico.

È utile premettere che il cambiamento climatico come tema scientifico – ossia che l'attività umana contribuisce al peggioramento del clima – apparve per la prima volta sul *Giornale del Popolo*, fiore all'occhiello del Partito Comunista Cinese e del governo, già nel 1973. L'articolo dello scienziato cinese Zhu Kezheng: "Uno studio primario sui cambiamenti climatici negli ultimi 5000 anni in Cina" è generalmente considerato un fondamento della disciplina (Yafeng, 1994). In esso, Zhu ricostruiva la storia dei cambiamenti climatici in base all'indicatore di temperatura, in particolare invernale. Nel settembre 1978 si tenne una conferenza nazionale sul cambiamento climatico per promuovere ulteriori ricerche tra gli scienziati. Tali sviluppi possono essere compresi alla luce dei fatti che la siccità, le tempeste nel deserto e altri gravi eventi meteorologici hanno colpito la Cina per secoli (Xingling, 1979). La negazione della gravità del cambiamento climatico non è un'opzione per la Cina.

Fino alla quindicesima sessione della Conferenza delle Parti della Convenzione quadro delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici (COP 15) a Copenaghen, dicembre 2009, la Cina era in gran parte non impegnata sul fronte degli 'obiettivi vincolanti'

di riduzione delle emissioni di CO₂ (Heggelund, 2007). Tuttavia, questo non vuol dire che le politiche interne cinesi trattassero il cambiamento climatico come un non problema. Al contrario, la Cina ha fatto ampio uso del sostegno delle agenzie specializzate delle Nazioni Unite in materia di ambiente e sviluppo, in particolare dopo il Summit della Terra di Rio del 1992 (Heggelund and Backer, 2007).

In Cina, negli ultimi decenni la leadership sul cambiamento climatico è passata dai ministeri della meteorologia a quelli della scienza, della pianificazione dello sviluppo, della protezione ambientale e degli affari esteri. La logica alla base dell'approccio cinese al cambiamento climatico consiste nell'integrare quest'ultimo nel quadro dello sviluppo economico, utilizzando l'aggiornamento industriale e l'efficienza energetica come fattori chiave. Tuttavia, va notato che attualmente la Cina ha una struttura di governance consolidata, sebbene unica, che le consente di affrontare il cambiamento climatico.

Come in altri paesi, la Cina affronta il cambiamento climatico come un costante 'lavoro in corso'. Nel 2021, il paese ha annunciato l'obiettivo di raggiungere il picco delle emissioni di carbonio nel 2030 e la neutralità carbonica nel 2060, mentre gli scienziati cinesi continuano a riflettere sulle sfide e sulle opportunità del cambiamento climatico (Liu, *et al.*, 2022). A differenza dell'Europa, per la Cina il raggiungimento del picco di carbonio rappresenta un obiettivo futuro, non una pietra miliare storica da cui guardare indietro. Inoltre, il picco di carbonio potrebbe essere raggiunto entro il 2030 senza che la riduzione delle emissioni di carbonio sia l'obiettivo principale, in parte a causa del rallentamento della crescita economica e dell'invec-

CLIMATE CHANGE AND DEVELOPMENT: A CHINESE PERSPECTIVE

The topic of China and climate change has received extensive attention in social and natural sciences both inside and outside the country. There is no dearth of literature on economic and scientific rationale, policy options and decisions, in addition to achievements and space for continued action. The purpose of this note is to help readers appreciate the interplay between domestic and international factors that have shaped and will continue to shape China's actions on climate change.

It is useful to begin by noting that climate change as a subject matter of science – specifically that human activity contributes to the worsening of the climate – first appeared in the *People's Daily*, a flagship of the Chinese Communist Party and government, as early as 1973. Chinese scientist Zhu Kezheng's paper "A Primary Study on Climatic Change in Past 5000 Years in

China" is widely considered a seminal work (Yafeng, 1994). Zhu reconstructs the history of climate change based on the temperature index, particularly on the winter temperature index. A nation-wide conference on climate change was held in September 1978 to promote further research among scientists (Xingling, 1979). Such developments can be understood against the factual background that drought, desert storms and other severe weather events have been affecting China for centuries. Denial of the serious nature of climate change is not an option for China.

Until the 15th Session of the Conference of the Parties to the United Nations Framework Convention on Climate Change (COP 15), held in Copenhagen, Denmark, in December 2009, China was by and large non-committal when it came to binding

targets concerning the reduction of CO₂ emissions. But this does not mean that Chinese domestic policies treated climate change as a non-issue (Heggelund, 2007). Indeed, China made extensive use of support from the United Nations specialised agencies on environmental and development issues, particularly after the 1992 Rio Earth Summit (Heggelund and Backer, 2007).

Over the past decades, in China, ministerial leadership of climate change as a policy agenda has shifted from the ministry of meteorology, to those of science, development planning, environmental protection and foreign affairs. The overarching rationale of the Chinese approach to climate change is to merge it into the process of economic development, using ongoing industrial progress and energy efficiency as the key drivers. In any case, today

chiamento della società, che porta a una crescita più lenta del consumo di energia fossile.

La cooperazione internazionale è stata una caratteristica chiave degli approcci cinesi al cambiamento climatico. Dalla Conferenza di Kyoto del 1997, la Cina ha beneficiato enormemente della cooperazione con i paesi europei, Italia inclusa, attraverso l'attuazione di strategie di sviluppo sostenibile (Daojiong, 2016). La cooperazione cinese con i governi europei, le imprese e le comunità accademiche comprende sia la sicurezza energetica, sia la gestione dell'agenda comune sul cambiamento climatico. I programmi di cooperazione non sono privi di attriti, ma l'Europa ha motivi per essere orgogliosa del ruolo che ha avuto nel convincere la Cina ad abbandonare l'enfasi diplomatica/retorica sulla dimensione "differenziata" del danno globale e nel compiere maggiori sforzi comuni per affrontare il cambiamento climatico. Attualmente e in futuro, la cooperazione internazionale tra Cina ed Europa sui cambiamenti climatici deve affrontare alcune nuove sfide. Tali sfide includono un rinnovato interesse per la politica industriale nei paesi industrializzati. La Cina non è immune dalle critiche alla pratica delle proprie politiche industriali. Semmai, grazie agli sforzi, compresa la cooperazione internazionale, la Cina è riuscita ad aumentare la propria competitività internazionale in settori quali l'energia eolica, solare e le batterie per i veicoli elettrici. Tali prodotti sono essenziali per tutti i paesi che perseguono il duplice obiettivo della competitività industriale e della mitigazione del cambiamento climatico. Pertanto, la concorrenza e le frizioni commerciali diventano fattori problematici per i negoziati internazionali.

Inoltre, nonostante l'impatto negativo sulla reputazione e sui rapporti con gli altri Paesi, la Cina continua a dipendere pesan-

temente dal carbone per coprire il proprio fabbisogno energetico. Sebbene si sia impegnata a non finanziare nuove centrali elettriche a carbone nei paesi a medio e basso reddito, tale impegno solleva preoccupazioni morali in quanto la Cina contemporaneamente importa carbone da questi stessi paesi. Nonostante ciò, l'attuazione di questo impegno rappresenta uno sviluppo positivo nel contesto del cambiamento climatico.

Sarebbe un terribile errore se non citassi le sanzioni economiche – anche se sotto il nome di controlli sulle esportazioni – da parte degli Stati Uniti che ostacolano l'accesso cinese ad apparecchiature ad alta tecnologia e opportunità di ricerca. Tali sanzioni hanno il potenziale di ostacolare lo sviluppo di tecnologie più rispettose del clima in Cina. L'Europa è sotto pressione da parte degli Stati Uniti affinché si unisca nel limitare lo sviluppo high-tech in Cina, con il pretesto di negare l'accesso cinese alle tecnologie occidentali di possibili applicazioni militari.

Il contesto economico e politico internazionale sta diventando sempre più complesso, il che rende difficile il raggiungimento di progressi nella riduzione delle emissioni di carbonio e di altre sostanze dannose per il clima in tutti i paesi del mondo. In questo contesto, gli sforzi futuri di scambio accademico internazionale potrebbero contribuire a contrastare le tendenze alla reciproca esclusione nella competizione economica e industriale globale.

China has in place an established, if unique, governance structure for addressing climate change (Wang, 2021). As with other countries, addressing climate change is always going to be a work in progress for China. In 2021, China announced its goal to achieve carbon peaking in 2030 and carbon neutrality in 2060, with Chinese scientists continuing to ponder the challenges and opportunities of climate change (Liu, *et al.*, 2022). It is useful to note that, unlike Europe, carbon peaking for China is a goal to be achieved rather than a historical milestone to look back on. For China, carbon peaking may occur by 2030 without making carbon reduction the driving agenda, partly due to the slower pace of economic growth and an ageing society leading to slower growth of fossil energy consumption. International cooperation has played a key role in Chinese approaches to

climate change. Since the Kyoto Conference in 1997, China has greatly benefited by cooperation with European countries, Italy included, through implementation of the clean development mechanism. Chinese cooperation with European governments, business and academic research communities encompasses energy security and addresses the common climate change agenda (Daojiong, 2016). The process of cooperation is not without friction. But Europe has reasons to take pride in its role in convincing China to move away from diplomatic/rhetorical emphasis on the "differentiated" dimension of global damage, and to make greater efforts to address climate change.

New challenges await international cooperation between China and Europe on climate change both now and in the future. Such challenges include revived

interest in industrial policy in industrialised countries. China is not immune to criticism of practicing industrial policies of its own. If at all, through efforts including international cooperation, China has managed to increase its international competitiveness in such areas as wind and solar energy equipment and batteries for electric vehicles. Such products are essential for all countries pursuing the dual goal of industrial competitiveness and of mitigating climate change. Hence, competition and friction over trade becomes an issue for international negotiations. Furthermore, China continues to rely heavily on coal to meet its energy needs, despite the negative impact this has on its reputation and relations with other countries. Additionally, China has pledged not to invest in new coal-fired power plants in other middle and low income countries. Whereas imple-

mentation of the pledge is a welcome development in the scene of climate change, it does raise moral concerns as China simultaneously imports coal from those very countries.

It would be a terrible remiss not to mention that economic sanctions – albeit under the name of export controls – applied by the United States are hindering Chinese access to high-tech equipment and research opportunities. Such sanctions have the potential of hindering the development of more climate-friendly technologies in China. Europe is under pressure from the United States to contribute towards constraining high-tech development in China, albeit under the rationale of denying Chinese access to Western technologies applicable for military applications.

In any case, the overall international economic and political environment

REFERENCES

- Yafeng, S. (1994), "Professor Zhu Kezhen opening up a path for research on climatic change in China", *Chinese Geographical Science*, Vol. 4, pp. 186-192.
- Xingling, Q. (1979), "Progress in Our Country's Research on Climate Change", *Climate Technologies*, Vol. 3, pp. 22-24.
- Heggelund, G. (2007), "China's Climate Change Policy: domestic and international developments", *Asian Perspective*, Vol. 31, N. 2, pp. 155-191.
- Heggelund, G. and Backer, E.B. (2007), "China and UN environmental policy: institutional growth, learning and implementation", *International Environment Agreements*, Vol. 7, pp. 415-438.
- Teng F. and Wang P. (2021), "The evolution of climate governance in China: drivers, features, and effectiveness", *Environmental Politics*, Vol. 30, pp. 141-161.
- Liu, Z. et al. (2022), "Challenges and opportunities for carbon neutrality in China", *Nature Reviews Earth and Environment*, Vol. 3, pp. 141-155.
- Daojiong, Z. (2016), "Energy Security in EU-China Relations: Framing Further Efforts of Collaboration", Godzimirski, J.M. (Ed.), *EU Leadership in Energy and Environmental Governance*, pp. 113-133.

is becoming increasingly complicated, which makes it difficult to achieve any progress in reducing emissions of carbon and other harmful substances for the climate in all countries around the world. Future efforts to encourage international academic exchange ought to help offset the power of mutually exclusive instincts in international industrial and economic competition.

Chiel Boonstra, <https://orcid.org/0009-0008-1982-8736>
Trecodome, The Netherlands

chiel.boonstra@trecodome.com

Lo scopo di questo articolo è introdurre una visione per i progetti urbani nella transizione energetica. L'idea si basa sullo sviluppo di un percorso per ridurre il fabbisogno energetico in linea con gli obiettivi di sostenibilità nelle aree urbane, collegando tra loro i consumi, l'energia sostenibile al 100% e l'accessibilità economica per i residenti.

Su base annua, l'utilizzo di energia elettrica e termica rinnovabile può superare il consumo energetico degli edifici, generando un surplus noto come "positività energetica". Tuttavia, per rendere questo concetto un successo, sono necessarie ulteriori azioni. Gli operatori energetici stanno incontrando difficoltà sempre maggiori a far fronte alla crescente pressione sulla rete elettrica per espandere la sua capacità.

Per raggiungere l'obiettivo del 100% di energia rinnovabile a livello globale è necessario compiere scelte fondamentali anche nelle aree urbane. L'adozione del 100% di energia rinnovabile rappresenta la soluzione ideale per soddisfare gli obiettivi climatici di Parigi. Solo in una società a zero emissioni nette, infatti, l'emissione istantanea di gas serra non supera ciò che può essere assorbito immediatamente dalla natura e dai metodi di stoccaggio della CO₂.

Per le aree urbane, la scelta più comune è il teleriscaldamento, alimentato dal calore residuo proveniente da vettori energetici fossili o dalla combustione di biomasse. Tuttavia, presto l'aspetto temporale delle emissioni biogeniche diventerà un tema centrale del dibattito. Non può essere accettabile emettere gas serra dalla combustione della biomassa se ci vogliono 50 anni di assorbimento durante la crescita di nuova biomassa.

I progetti che utilizzano fonti sostenibili come l'energia geotermica profonda spesso prevedono una co-combustione di combustibili fossili fino al 30% per coprire il carico di base. Tutta-

via, questa pratica sarà messa in discussione in futuro. Prima o poi i combustibili fossili dovranno essere sostituiti da soluzioni autenticamente sostenibili che si basano sull'utilizzo (indiretto) dell'energia solare ed eolica.

La visione energetica non prevede l'approvvigionamento esterno di energia a causa della disponibilità limitata di fonti di calore sostenibili e della dipendenza finanziaria da fornitori esterni di calore. Tuttavia, l'aumento dei prezzi dell'energia sta rendendo evidente che l'accessibilità economica al comfort è in pericolo se il fabbisogno energetico degli edifici rimane compreso tra 75 e 100 kWh/m². Questa situazione sta portando alla diffusione della povertà energetica in ampi strati della società. Le esperienze maturate nei progetti europei dimostrano che i progetti di ristrutturazione profonda con una richiesta di calore tra 25 e 50 kWh/m² sono tecnicamente ed economicamente fattibili e possono contribuire a prevenire la povertà energetica. Tuttavia, la bolletta energetica di una famiglia media è aumentata di un fattore 2,5 tra il 2020 e il 2022, nonostante i necessari risparmi sul costo del 2020. Solo l'intervento dei governi di alcuni Stati membri europei ha permesso di ridurre in parte i costi dell'energia. È chiaro che le strategie di rinnovamento standard non sono sufficienti per affrontare la povertà energetica.

Ristrutturazione profonda e sufficienza energetica

Per raggiungere gli obiettivi climatici di Parigi, sono necessarie strategie di risparmio energetico e di 'sufficienza' energetica. È possibile imparare dal movimento che punta alla 'casa passiva', il cui obiettivo è una domanda termica netta compresa tra 15 e 25 kWh/m² (100-150 kWh/m² per edifici scarsamente isolati, 75-100 kWh/m² per ri-

FROM ENERGY EFFICIENCY TO 100% RENEWABLE ENERGY IN URBAN ISLAND COMMUNITIES

The purpose of this article is to introduce a vision for urban projects in the energy transition. The idea is based on the continuous development of a reduced energy need in line with the sustainable energy options in urban residential areas. The aim is to connect energy consumption, 100% sustainable energy and affordability for residents. On a yearly basis, the use of renewable electrical and thermal energy may even exceed building-related and household energy consumption. This is called energy-positivity, but further actions are needed to make this concept successful. Regional grid operators are finding it increasingly difficult to keep up with the pressure on the electricity grid to expand its capacity. Based on the fact that 100% renewable energy is a target for total energy use in the world, essential decisions are also needed for urban areas. 100% renewable energy is the answer

that fits the Paris climate goals. In a genuine net-zero emission society, the instantaneous emission of greenhouse gases does not exceed the amount that can be absorbed instantaneously by nature and CO₂ storage methods. For urban areas the choice is often made for district heating fed by residual heat from fossil energy carriers or from the combustion of biomass. It will not be long before the time aspect of biogenic emissions plays a major role in the debate. It cannot remain acceptable to emit greenhouse gases from burning biomass if it takes 50 years of absorption during the growth of new biomass. With sustainable sources such as deep geothermal energy, projects are often designed on a base load with co-firing by fossil fuels of up to 30%. This co-firing will be questioned in the future. Sooner or later fossil fuels must be replaced by genuinely sustainable solutions based on the (indirect

use of solar and wind energy. The energy vision does not opt for external energy supplies because of the limited availability of sustainable heat sources and financial dependence on external heat suppliers. The increased prices of energy make it clear that the affordability of comfort is at stake if the energy needs of buildings are set at levels from 75 – 100 kWh/m². The phenomenon of energy poverty occurs in broad groups of society. The experience of European projects shows that deep renovation projects with a heat demand of 25 – 50 kWh/m² are technically and economically feasible. The energy bill of an average household has increased by a factor of 2.5 between 2020 and 2022, though savings relative to the 2020 cost were already necessary. Energy costs are being eased to some extent with the help of governments in some European member states. Clearly standard renovation

strutturazioni standard). In Olanda, la cosiddetta 'ristrutturazione profonda' degli edifici giunge a valori nell'ordine di 25-50 kWh/m², anche inferiori ai requisiti dei regolamenti edilizi per le nuove costruzioni.

Per ridurre la richiesta di acqua calda, è possibile utilizzare tecnologie ad alta efficienza idrica, come soffioni doccia con un flusso inferiore a 5 litri al minuto (rispetto ai normali 10-15 litri/minuto).

Inoltre, è necessario un rilancio del solare termico, in quanto in molti luoghi i sistemi solari termici possono fornire fino al 60% della domanda di calore per l'acqua calda. Infine, il solare fotovoltaico offre una vasta gamma di soluzioni per le integrazioni edilizie e urbane.

- L'idea è di adottare gradualmente l'energia sostenibile per riscaldare gli edifici, produrre acqua calda e generare elettricità.
- La domanda di energia deve essere ridotta al punto in cui corrisponde alla disponibilità di energia sostenibile.
- La produzione e l'utilizzo di energia sostenibile devono essere coordinati in modo da abbinare la domanda di energia all'offerta nel tempo. Ciò può essere realizzato gestendo la domanda o immagazzinando temporaneamente l'energia sostenibile in modo che possa essere utilizzata quando necessario, ad esempio la sera o in inverno.

Questa strategia è stata elaborata per un campus universitario in Olanda. L'obiettivo è di minimizzare le emissioni di CO₂ legate al consumo di energia (e materiali da costruzione) e di creare un ambiente abitativo sostenibile. L'obiettivo è quello di garantire che le emissioni di CO₂ nel 2050 non superino la capacità di assorbimento naturale.

strategies are not good enough to avoid energy poverty.

Deep renovation and energy sufficiency

There is a need for energy saving strategies / energy sufficiency to meet the Paris Climate targets. We can learn from the passive house movement and its aim for net space heat demand of 15-25 kWh/m² (100-50 kWh/m² for poorly insulated buildings, 75-100 kWh/m² for standard renovation). In The Netherlands, deep renovation offers concepts at the level of 25-50 kWh/m², which is even lower than building code requirements for new buildings. The hot water demand can be reduced by using water efficient technologies. e.g. shower heads with less than 5 litres of water/minute (normally 10-15 or more litres/minute).

A revival of solar thermal approaches is needed. Indeed, solar thermal sys-

tems can supply up to 60% of the heat demand for hot water in many places. Solar PV offers an increasing number of solutions for urban and architectural integrations.

- The vision is to gradually make increasing use of sustainable energy for heating, hot water and electricity generation.
- The demand for energy is reduced to such an extent that it matches the available use of sustainable energy.
- The generation of sustainable energy and its use are coordinated by matching the energy demand to the supply over time. This can be done by managing demand or by temporarily storing the supply of sustainable energy so that it can be used in the evening or in the winter.

This strategy has been defined for a student campus in The Netherlands. The objective is to cause almost no CO₂ emissions for its energy use (and

building materials), while ensuring a sustainable living environment. Emissions in 2050 should not exceed the amount nature can absorb at the same time.

The campus consists of 10,000 m² of floor space, mainly for student housing for about 3,500 residents. It is a series of buildings from different construction periods with diversified building characteristics. On the campus there is a sports facility and a central area with areas allocated for theater, catering and office functions. There is potential for more student-related functions, such as public study areas and shared facilities.

A vision has been developed for the buildings according to the principles of energy sufficiency (how much energy is really needed) and energy efficiency (how do you use energy efficiently). This is designed for different buildings on the campus.

Il campus comprende una superficie di 10.000 m², prevalentemente costituita da alloggi per circa 3.500 studenti, ospitati in edifici di differenti epoche e caratteristiche costruttive. Inoltre, vi sono un impianto sportivo e un'area centrale con spazi per il teatro, la ristorazione e le funzioni d'ufficio. Il campus offre anche un potenziale per ulteriori funzioni a beneficio degli studenti, tra cui aree di studio condivise e spazi comuni.

È stata elaborata una visione per i diversi edifici del campus secondo i principi della sufficienza energetica (quanta energia è realmente necessaria) e dell'efficienza energetica (come si usa l'energia in modo efficiente).

Attualmente, l'energia viene fornita principalmente tramite cogenerazione (CHP), che sfrutta in modo efficiente il gas naturale in un impianto centrale. Alcuni edifici hanno anche una loro fonte di calore basata sulla cogenerazione, mentre altri utilizzano caldaie a gas naturale per il riscaldamento e l'acqua calda sanitaria. L'impianto centralizzato fornisce calore per il riscaldamento degli ambienti e per l'acqua calda sanitaria, nonché energia elettrica. Poiché la richiesta di calore è prevedibile, l'impianto produce energia in eccesso rispetto alle necessità degli edifici, soprattutto durante la stagione di riscaldamento. Di conseguenza, l'elettricità prodotta viene in gran parte immessa nella rete elettrica, mentre in alcuni momenti viene acquistata dall'esterno.

Il fabbisogno energetico del campus varia a seconda delle stagioni: durante l'estate si consuma principalmente acqua calda e energia elettrica, mentre in inverno il consumo è determinato dalla somma di riscaldamento, acqua calda ed elettricità.

Per raggiungere l'obiettivo del 100% di energia rinnovabile, la transizione può avvenire in tre fasi successive entro il 2040. Nella prima fase, il campus raggiungerà il 100% di energia rin-

Energy is currently supplied based on combined heat and power (CHP), which makes efficient use of natural gas in a central plant. In addition, there are several buildings with their own heat supply based on combined heat and power, and there are buildings with natural gas boilers for heating and hot tap water.

The central installation produces heat for space heating and for hot tap water. Moreover, the installation produces electricity. The heat demand is the leading factor, so that a lot of power is produced when there is a high heat demand, even more than required at that time for the buildings. For example, it appears that electricity is mainly supplied to the grid during the heating season, while there are also times when electricity is purchased from the grid. The current energy requirements depend on the seasons. In summer there is only hot water and electricity

The current energy requirements depend on the seasons. In summer there is only hot water and electricity

Energy is currently supplied based on combined heat and power (CHP), which makes efficient use of natural gas in a central plant. In addition, there are several buildings with their own heat supply based on combined heat and power, and there are buildings with natural gas boilers for heating and hot tap water.

novabile per 4 mesi all'anno, segue una seconda fase in cui si coprirebbero 8 mesi all'anno e, infine, una terza fase in cui si arriverebbe al 100% per tutti i 12 mesi.

Fase 1: rinnovabile al 100% in 4 mesi all'anno

Il fabbisogno estivo di acqua calda e di consumo elettrico possono essere soddisfatti con fonti rinnovabili, immagazzinate in accumulatori di acqua calda e batterie per il consumo serale. L'obiettivo è di investire in una generazione di energia più sostenibile, combinando l'accumulo di calore per l'acqua calda con l'accumulo di energia elettrica per le ore serali e di promuovere l'utilizzo diretto dell'energia solare, rendendo gli edifici indipendenti dall'energia fossile per quattro mesi all'anno. Durante i quattro mesi estivi, il riscaldamento degli ambienti non rappresenta un problema. In questo periodo, è più facile riscaldare l'acqua utilizzando l'energia solare, poiché la quantità di energia solare disponibile è sufficiente per generare acqua calda ed elettricità utilizzando collettori solari o pannelli fotovoltaici combinati con la tecnologia della pompa di calore.

- Gli impianti solari termici utilizzano i collettori per riscaldare un fluido che, durante il giorno, forniscono calore ad un serbatoio di accumulo per l'acqua calda.
- La pompa di calore ad alta temperatura produce acqua calda in due fasi e la fornisce ad un serbatoio di accumulo per l'acqua calda. L'energia necessaria per la pompa di calore ad alta temperatura è fornita dai pannelli fotovoltaici.

L'acqua calda può essere distribuita e utilizzata (indirettamente).

Generazione di energia elettrica da fonti solari

L'elettricità può essere generata dai pannelli fotovoltaici instal-

consumption. The energy requirement in winter is mainly determined by the sum of space heating, hot water and electricity.

The 100% renewable energy vision can be implemented in three steps for heating dominated climates. The urban campus can be gradually converted in the coming years until 2040.

The first step is 100% renewable energy for 4 months a year.

The second step is 100% renewable energy for 8 months a year.

The third step is 100% renewable energy for 12 months a year.

Step 1 - 100% renewable for 4 months a year

The hot water requirement and power consumption in the four summer months can be generated with renewable energy and storage in hot water buffers and batteries for energy use in the evenings.

The idea is to invest in more sustainable energy generation for hot water and electricity needs. Direct use of solar energy is pursued by combining heat storage for hot water and electricity storage for the evening hours, and the buildings become independent of external fossil energy for four months a year.

Space heating is not an issue during the four summer months of the year. Preparing hot water from solar energy is easiest in the summer when there is sufficient solar energy to prepare hot water and generate electricity from solar collectors or PV panels combined with heat pump technology.

- A solar thermal system heats a fluid in collectors, which is used to supply heat to a storage tank with hot water during the day.
- A high temperature heat pump produces hot water in two steps, which is supplied to a storage tank with hot

lati sulle facciate e sui tetti. Inoltre, l'energia elettrica prodotta può essere immagazzinata nelle batterie per un certo periodo di tempo e utilizzata durante la sera o in giornate nuvolose.

Fase 2: rinnovabile al 100% in 8 mesi all'anno

Il passo successivo consiste nel ridurre gradualmente il fabbisogno energetico degli edifici attraverso misure di isolamento, ventilazione e installazione. In questo modo è possibile abbassare gradualmente la temperatura dell'acqua della rete di distribuzione.

La richiesta di calore può essere ridotta del 60-70%, accorciando la stagione di riscaldamento. Il restante fabbisogno di calore nei mesi soleggiati può essere soddisfatto con pompe di calore azionate dall'elettricità prodotta da energia solare da un impianto di cogenerazione a biogas a ciclo breve.

L'idea alla base è di convertire la rete ad alta temperatura per il riscaldamento e l'acqua sanitaria in una rete a bassa temperatura, minimizzando le perdite di calore lungo il percorso.

Idealmente, l'acqua calda sanitaria viene portata ad una temperatura elevata prossima al punto di utilizzo finale. La rete a bassa temperatura costituisce il primo stadio per il riscaldamento degli ambienti. In una seconda fase, viene prodotta acqua calda sanitaria ad alta temperatura.

L'obiettivo è di elettrificare parte della richiesta di calore tramite pompe di calore, in modo che la cogenerazione utilizzi meno gas per riscaldare gli ambienti e l'eccesso di energia prodotta venga sfruttato dalle pompe di calore elettriche. L'installazione di pannelli fotovoltaici su grandi superfici degli edifici aiuta a sostituire la produzione di elettricità da combustibili fossili. I collettori solari e i pannelli fotovoltaici possono essere integrati

water. PV panels provide the power required for the high temperature heat pump.

- Hot water can be distributed and (indirectly) used.

Electricity from solar energy

Electricity can be generated with solar PV panels on façades and roofs. Just as you can keep thermal energy warm for a while, you can also store electricity for a few days in batteries and use it in the evenings or on a cloudy day.

Step 2 - 100% renewable for 8 months a year

The next step is to gradually reduce the energy requirement in buildings through insulation, ventilation, and installation measures. The water temperature of the distribution network can thus be gradually lowered.

The heat demand can be reduced by 60-70%, which shortens the heating

season. The remaining heat requirement in sunny months can be met with electrically driven heat pumps, whereby solar energy together with a short cycle biogas CHP generates electricity. The underlying idea is to convert the high temperature network for heating and hot tap water into a low temperature network without major heat losses along the way.

Ideally, domestic hot water is brought to a high temperature close to the point of end use. The low temperature network forms the first stage for space heating. In a second stage, hot tap water is produced at a high temperature.

The idea is to electrify part of the heat demand with heat pumps, so that the CHP needs to use less gas for space heating, and the 'surplus' power production is used for electric heat pumps. The addition of PV cells on large surfaces of buildings helps to replace fossil electricity generation.

sia sulle superfici orizzontali, sia su quelle verticali degli edifici, tra cui tetti, facciate, balconi e recinzioni. L'integrazione dei pannelli fotovoltaici negli elementi architettonici può anche migliorare l'aspetto degli edifici.

Fase 3 - Rinnovabile al 100% in 12 mesi/anno

Per soddisfare il fabbisogno energetico durante l'inverno, quando la generazione di energia solare e fotovoltaica è insufficiente a causa delle scarse ore di sole, è necessario utilizzare fonti energetiche diverse. Per evitare picchi di consumo, è importante limitare la richiesta di calore a 25 kWh/m². Una possibile fonte energetica è rappresentata dal biogas prodotto dai rifiuti verdi, che può essere utilizzato in un impianto di cogenerazione per riscaldare gli ambienti, produrre acqua calda e generare energia elettrica.

Un'altra opzione è rappresentata dall'idrogeno prodotto tramite elettrolisi da fonti rinnovabili, che può essere utilizzato in una cella a combustibile per produrre calore ed elettricità in diverse stagioni dell'anno.

Infine, l'energia eolica può essere utilizzata in sinergia con quella solare per produrre elettricità da utilizzare con le pompe di calore durante l'inverno. Per questo scopo, si possono installare turbine eoliche anche nell'ambiente urbano.

In sintesi, l'obiettivo è quello di combinare diverse fonti energetiche rinnovabili per garantire un approvvigionamento sostenibile e affidabile di energia durante tutto l'anno.

Implicazioni di questa visione energetica per i residenti

La visione energetica si basa su nuovi concetti come la sufficienza energetica, ovvero il reale bi-

Solar collectors and PV panels fit on vertical and horizontal surfaces of the buildings. In addition to roofs, there are also many end façades, balcony and gallery fences that can be made of PV panels. Integration of PV in architectural elements leads to an upgrade in terms of appearance.

Step 3 - 100% renewable for 12 months / year

The remaining energy requirement is met with solar and wind energy, short cycle biogas CHP and solar energy stored in H₂.

How do you get through the four winter months if the number of hours of sunshine in the Dutch climate is too small to cover the energy needs. Limiting the heat demand to a level of 25 kWh/m² ensures that no extreme peaks arise. Nevertheless, sustainable energy will have to come from other sources than the scarce generation of solar thermal

and solar PV can provide in winter.

Collected green waste allows to produce biogas all year round, which can be used in winter in a combined heat and power installation that produces space heating, heat for hot tap water and electricity generation.

With hydrogen produced from renewable energy via electrolysis, electricity and heat can be generated in a fuel cell at a different time of the year.

A fuel cell functions just like a combined heat and power installation.

Finally, wind energy can be used even in the built environment. The generation of electricity from wind and sun are complementary. For example, wind energy can form part of the electricity generation to be used for heat pumps in winter.

What does the energy vision mean for residents

The rationale is based on new concepts,

sogno di energia. Si può ad esempio impostare una temperatura base negli edifici di 18 gradi e riscaldare solo localmente e 'ad hoc' quando necessario, senza mantenere temperature costantemente elevate. In questo modo, le condizioni di comfort possono adattarsi alle diverse stagioni e si può risparmiare energia.

Un altro aspetto importante è l'energia 'lenta', ovvero come adattare la velocità di ricarica all'offerta fluttuante di energia sostenibile. Inoltre, è necessario coinvolgere attivamente i residenti, ad esempio chiedendo loro di portare i rifiuti verdi all'impianto di compostaggio e accettando che il riscaldamento possa funzionare lentamente se il sole provvede a riscaldare automaticamente in una determinata ora.

Impatto sociale

La visione energetica si basa sul concetto dell'isola, dove il più possibile viene risolto all'interno dell'isola. Ciò ha un impatto sociale importante in quanto si mira a limitare le importazioni ed esportazioni di energia, riducendo così il carico sulle reti energetiche.

L'obiettivo della visione energetica è quello di ridurre al minimo le emissioni di CO₂ e di fornire ai residenti costi energetici prevedibili. Questo è possibile grazie allo spostamento dei costi energetici dall'acquisto variabile di energia verso l'ammortamento della tecnologia energetica sostenibile e gli investimenti nel risparmio energetico.

Si ritiene che il concetto di isola energetica possa svilupparsi organicamente all'interno delle comunità urbane. Tuttavia, affinché ciò avvenga, è necessario un approccio di sviluppo bottom-up guidato da una visione condivisa, che colleghi le fonti di energia rinnovabile disponibili e le opzioni di stoccaggio in luoghi convenienti per la vita quotidiana.

such as energy sufficiency. How much energy is really needed? Can one heat to a certain base temperature, and heat a little more when needed and only locally? If comfort conditions change with the seasons, one needs less energy. Heat buildings to a temperature of, for example, 18 degrees. Add higher temperature ad hoc and, incidentally, with pulse switches to avoid constant high indoor temperatures.

Another important term is slow energy. For example, how do you adjust the charging speed of a storage medium to the fluctuating supply of sustainable energy. How much active involvement of residents can be asked. Will residents take green waste to the bio-fermentation plant? Will residents accept that the heating system will work slowly, if the sun automatically warms it up in an hour?

Social impact

The vision is based on the Island concept, where the demand is met, as much as possible, within the island. The social impact of the energy vision is that energy exports and imports are limited as much as possible, which leads to a low load on energy networks. The energy vision aims for very low CO₂ emissions and predictable energy costs for residents because energy costs are shifting from variable purchasing of energy to the depreciation of sustainable energy technology and energy-saving investments.

It is believed that the energy island concept can organically develop in urban communities. It needs steering from a shared vision to develop from the current top-down energy networks into self-sufficient communities, which connect the available renewable energies and storage options in affordable places to live.

Gianni Silvestrini,
Direttore scientifico Kyoto Club

gianni.silvestrini@gmail.com

C'è un filo rosso che nei prossimi decenni condiziona le scelte delle nazioni e delle regioni e delle città. Parliamo delle risposte all'emergenza climatica sui fronti della riduzione delle emissioni e dell'adattamento a condizioni sempre più estreme. È un cammino che alcune città hanno iniziato da almeno 2-3 decenni e che diventerà sempre di più una necessità ed una opportunità.

Da un lato, infatti, si accentuerà la spinta da parte di governi con l'individuazione di obiettivi climatici progressivamente più ambiziosi, dall'altro il riscaldamento globale aumenterà la pericolosità degli impatti, con crescenti ondate di calore, siccità, inondazioni, uragani.

La temperatura globale supera ormai di 1,18 °C i valori dell'era preindustriale e la soglia di 1,5 °C che secondo la comunità scientifica bisognerebbe evitare di superare si fa sempre più vicina¹. Secondo l'Organizzazione meteorologica mondiale c'è una probabilità del 50% che già nel 2026 questo valore venga temporaneamente raggiunto, facendoci così toccare con mano la gravità delle conseguenze². In ogni caso l'asticella del grado e mezzo potrebbe venire permanentemente superata entro 10-30 anni, a meno di una accelerazione radicale dei tagli delle emissioni che allontanerebbe questo valore verso la fine del secolo. E' evidente dunque la necessità di rendere più ambiziosi gli obiettivi nazionali, il cui raggiungimento sarà possibile solo coinvolgendo attivamente i centri abitati.

Le città riescono a ridurre le emissioni?

Non è un caso che lo stimolo ad un ruolo attivo delle città abbia generato nel tempo molte iniziative di coordinamento. Ricordo il progetto dell'Iclei "Urban

THE POSSIBLE ROLE OF URBAN CENTRES IN THE TRANSITION TO CLIMATE NEUTRALITY

There is a common theme that will influence the choices of nations, regions, and cities in the coming decades: the response to climate emergency in terms of a reduction in emissions and of adaptation to increasingly extreme conditions. It is a journey that some cities have started in the last 2-3 decades and which will increasingly become a necessity and an opportunity. While the push by governments will increase with the identification of progressively more ambitious climate targets, the impacts of global warming will rise, with an increasing number of heat waves, droughts, floods and hurricanes.

The global temperature now exceeds the values of the pre-industrial era by 1.18 °C, and the threshold of 1.5 °C, which should be avoided according to the scientific community, is drawing closer¹. According to the World

CO₂", che ho seguito per conto del Comune di Bologna tra il 1991 e il 1993. Il programma coinvolgeva 14 città del Nord America e dell'Europa, mettendo le basi per un'analisi delle emissioni e delle misure più efficaci per una loro riduzione. Successivamente diverse campagne hanno coinvolto città piccole e grandi in uno sforzo di responsabilizzazione sul versante climatico.

Decisivo il calcolo delle emissioni che si è molto evoluto nel tempo arrivando a stime sempre più accurate.

Ma quali sono i risultati delle strategie climatiche?

Nelle città più virtuose si è stati in grado di stimare la riduzione delle emissioni nell'arco dei precedenti 10-30 anni.

Torino, ad esempio ha registrato nel 2019 un taglio del 47% rispetto al 1990. Un risultato notevole dovuto ad azioni virtuose, come il teleriscaldamento che è arrivato a servire due terzi dei cittadini o il potenziamento del trasporto pubblico, ma anche ad un calo dell'11% della popolazione³.

Francoforte al Meno si è data l'obiettivo di ridurre del 95% le emissioni di CO₂ al 2050 rispetto al 2010. Tra il 1990 e il 2019 ha visto un taglio del 19,5%, ma a fronte di un aumento della popolazione del 23%⁴.

Questi risultati fanno intuire le difficoltà di percorsi come quello promosso dalla Commissione europea volto a portare "100 città a impatto climatico zero entro il 2030".

Se infatti in 27 anni a Francoforte le emissioni sono state ridotte di un quinto, non sarà semplice un azzeramento totale nei 27 anni che ci separano dalla metà del secolo.

Sembrirebbe un risultato irraggiungibile, ma ci sono alcune condizioni al contorno destinate a cambiare in maniera sostanziale le prospettive di riduzione.

Meteorological Organization there is a 50% probability that this value will be temporarily reached already in 2026, a situation that will highlight the severity of the consequences². In any case, the 1.5 °C increase could be permanently exceeded within 10-30 years, unless there is a radical acceleration to cuts in emissions.

The need to encourage more ambitious national targets is, therefore, evident. But it will only be possible to achieve a radical reduction in emissions by actively involving the cities.

Can cities reduce emissions?

The climate activation of cities has generated many coordinated initiatives over time. I remember the Iclei "Urban CO₂" project, in which I was involved on behalf of the Municipality of Bologna between 1991 and 1993. The programme included 14 cities in

North America and Europe, laying the foundations for an analysis of urban emissions and for the most effective measures to reduce them. Subsequently, several campaigns have involved small and large cities in a climate responsibility effort.

The important calculation of local emissions has evolved considerably over time, arriving at increasingly accurate estimates.

But what are the results of climate strategies?

In the most virtuous cities, it was possible to estimate the reduction in emissions over the previous 10-30 years.

Turin, for example, recorded a 47% cut in 2019 compared to 1990. A remarkable result due to virtuous actions, such as district heating, which has reached two thirds of the citizens and the enhancement of public transport, but also thanks to a 11% drop in the population³.

Il taglio delle emissioni in Europa nei prossimi 10-30 anni sarà infatti reso decisamente più agevole dall'irruzione della mobilità elettrica e dalla forte crescita dell'elettricità verde, entrambi elementi che faciliteranno il raggiungimento dei traguardi climatici.

Mobilità: dove è più difficile tagliare le emissioni climalteranti

Negli ultimi tre decenni l'unico settore a vedere in Italia un aumento delle emissioni di gas serra, è stato quello dei trasporti stradali con un aumento del 3,9% tra il 1990 e il 2019. Anche a livello europeo le emissioni climalteranti del settore dei trasporti, in controtendenza, sono aumentate del 7% nello stesso periodo.

Il contributo di questo comparto nelle aree metropolitane è molto disomogeneo.

In Italia si passa dal 31% sulle emissioni totali di CO₂ di Roma e Torino a valori superiori al 60% a Catania, Firenze e Genova⁵. Un notevole cambiamento sarà assicurato, come accennato, dall'evoluzione tecnologica. La vendita delle auto elettriche è infatti destinata a crescere, arrivando a coprire metà del mercato al 2030 in Europa, Usa e Cina⁶.

Secondo alcune valutazioni, nel 2030 le emissioni di CO₂ delle auto in Italia potrebbero ridursi del 30-35% rispetto all'inizio del decennio grazie alle prestazioni dei nuovi modelli, alla diffusione delle auto elettriche e alla riduzione del numero di auto in circolazione⁷.

Sugli scenari futuri della mobilità conteranno molto, come successo in passato, le politiche adottate dalle autorità ai vari livelli, ma soprattutto dai sindaci.

Frankfurt am Main has set itself the goal of reducing CO₂ emissions by 95% by 2050, compared to 2010. Between 1990 and 2019 the city experienced a 19.5% cut, but considering the population increase, pro capita emissions were reduced by 32%⁴.

These results suggest the difficulties of the programme promoted by the European Commission aimed at bringing "100 cities to zero climate impact by 2030".

More in general, achieving nearly net zero emissions by 2050 will not be easy. Such an ambitious target would seem unattainable, but there are some boundary conditions that will substantially change the prospects.

Cutting emissions in Europe over the next 10-30 years will, in fact, be made much easier by breakthrough technologies like electric mobility and the strong growth of green electricity,

both elements that will facilitate the achievement of climate goals.

Mobility: where it is more difficult to cut climate-changing emissions

In the last three decades, the only sector with an increase in greenhouse gas emissions in Italy was that of road transport, with a +3.9% between 1990 and 2019. Even at European level, the CO₂ emissions of the transport sector increased by 7% in the same period.

The climate contribution of mobility in metropolitan areas is very uneven.

In Italy, the share of CO₂ emissions varies from 31% in Rome and Turin to values above 60% in Catania, Florence and Genoa⁵.

A strong push will be ensured, as mentioned, by technological evolution. The sale of electric cars will grow, reaching half of the market in Europe, the USA and China by 2030⁶.

Per ridurre l'uso dell'auto serviranno certo il potenziamento del trasporto pubblico, incluse le forme di sharing e l'aumento delle piste ciclabili, ma saranno decisive le misure per scoraggiare l'uso dell'auto.

Peraltro, nei prossimi 10-20 anni il numero delle auto circolanti in Europa è destinato a calare notevolmente, anche per la progressiva diffusione delle auto senza guidatore che nel 2035 potrebbero rappresentare oltre un terzo delle vendite⁸. L'impatto nelle città sarà notevole: meno auto, eliminazione di molti parcheggi con la possibilità di trasformarli in aree verdi, piste ciclabili. Certo, parliamo del prossimo decennio, ma una pianificazione attenta deve considerare anche queste evoluzioni.

In alcune città il calo dell'impiego delle auto è già in atto.

Dal 1990, la percentuale di viaggi in auto a Parigi è diminuita di circa il 45%, l'uso del trasporto pubblico è aumentato del 30% e la quota di ciclisti è decuplicata⁹.

A Milano l'introduzione dell'area C a traffico limitato ha portato in dieci anni ad una riduzione del 38% degli ingressi.

Il contributo delle rinnovabili

rinnovabili.

La tecnologia fotovoltaica è quella che sta crescendo più rapidamente a livello globale e gli attuali 1 TW potrebbero più che triplicare alla fine del decennio con un mix di impianti di piccola scala decentrati e di grandi centrali fotovoltaiche.

Grazie anche alla spinta delle comunità energetiche, i centri urbani diverranno sempre di più produttori di elettricità, con un contributo interessante da parte del solare installato sia sulle

Un importante contributo al calo delle emissioni delle città verrà dall'irruzione delle rinnovabili.

According to some estimates, by the end of this decade CO₂ emissions from cars in Italy could be reduced by 30-35% compared to 2020 thanks to the performance of new models, the spread of electric cars and the reduction in the number of cars on the road⁷. As happened in the past, the policies adopted by the authorities at various levels, but above all by the mayors, will have a strong impact on future mobility scenarios.

To reduce the use of the car, public transport will certainly have to be strengthened, along with an increase in shared mobility and cycle paths, but the measures to discourage the use of the car will be crucial.

Moreover, the number of cars circulating in Europe will drop considerably in the next 10-20 years. The progressive diffusion of self-driving cars, which could achieve over a third of sales in

2035⁸, will have a strong impact in the cities: fewer cars, elimination of many parking lots with the possibility of transforming them into green areas, cycle paths. Of course, we are talking about the next decade, but careful planning must consider these evolutions.

In some cities, the decline in the use of cars is already underway.

Since 1990, the proportion of car trips in Paris has decreased by around 45%, the use of public transport has increased by 30%, and the share of cyclists has increased ten-fold⁹.

In Milan, the introduction of the limited traffic area C has led to a 38% reduction in admissions over ten years.

The increasing contribution of renewables

An important reduction in the emissions of cities will come from the rapid increase in renewable energy.

coperture degli edifici che in impianti di grande taglia attorno alle città.

Ci sono città e regioni che puntano ad essere alimentate al 100% dalle rinnovabili per soddisfare i consumi elettrici. Una tendenza che va in parallelo con l'elettificazione dei consumi (mobilità elettrica, pompe di calore).

Edilizia sempre più green Gli interventi per una riqualificazione profonda degli edifici rappresentano una componente essenziale per il raggiungimento degli obiettivi climatici. Non a caso il Parlamento europeo ha in discussione la nuova Direttiva europea sulla prestazione energetica degli edifici che prevede che gli edifici residenziali raggiungano almeno la classe energetica E entro il 1° gennaio 2030 ed almeno la classe energetica D entro il 1° gennaio 2033. Potrebbe sembrare un obiettivo ambizioso, ma in realtà si tratta di miglioramenti modesti rispetto all'urgenza di ridurre drasticamente le emissioni del comparto dell'edilizia.

Questo salto di qualità potrà essere ottenuto aumentando la quota di edifici annualmente riqualificati, in media pari all'1% del parco europeo e italiano. Una rivoluzione che imporrà anche il passaggio ad una riqualificazione spinta degli edifici, cioè a quella "deep renovation" che consente di ridurre in maniera significativa i consumi di combustibili fossili.

Da questo punto di vista sono interessanti le sperimentazioni in atto in diversi paesi europei, come Energiesprong¹⁰, volte a industrializzare le operazioni di riqualificazione, consentendo di contrarre notevolmente i tempi, ridurre i costi ed aumentare la produttività del settore edilizio storicamente piuttosto bassa. Con un'attenzione anche alla necessità del comfort termico in

un contesto caratterizzato da temperature crescenti. La media delle temperature in Italia per il periodo 1991-2020 è stata di 13,8°C (contro gli 11 °C del periodo preindustriale). E l'aumento più corposo è avvenuto negli ultimi 50 anni. In sei delle 14 città metropolitane d'Italia la temperatura media del periodo 2009-2018 è aumentata di oltre 3 °C rispetto al periodo 1961-1970¹¹.

La politica che orienta, la tecnologia che aiuta ma serve anche un cambiamento culturale

La comprensione della necessità di una decisa accelerazione delle politiche di riduzione delle emissioni ha portato alla definizione di obiettivi relativamente ambiziosi a breve termine (come il taglio europeo del 55% al 2030 rispetto al 1990) e molto ambiziosi sul lungo periodo (110 paesi puntano alla neutralità carbonica tra il 2050 e il 2070).

Ma la realtà è che le emissioni continuano ad aumentare e la crescita delle rinnovabili e dell'efficienza con riesce ancora a far flettere la domanda di combustibili fossili. Le emissioni mondiali di CO₂ paria 37,5 miliardi di tonnellate del 2022, sono state del 54% più elevate del valore registrato nel 1997, l'anno in cui si firmò il Protocollo di Kyoto. Un fallimento delle politiche climatiche? Da un certo punto di vista sì, ma guardando al futuro non bisogna trascurare le rapidissime trasformazioni che aiuteranno a tagliare le emissioni.

Ad esempio, il Mare del Nord si sta trasformando da produttore di gas e petrolio a un Hub eolico. Gli UK e la Germania puntano rispettivamente a 50 e 30 GW offshore e le rinnovabili elettriche potrebbero garantire due terzi della domanda di elettricità italiana alla fine del decennio. Inoltre, in diversi paesi europei le

Photovoltaic is the fastest growing technology globally, and the current 1 TW could more than triple by the end of this decade with a mix of decentralised small-scale plants and large pv power plants.

Thanks also to energy communities, urban centres will increasingly become electric producers, with a rising contribution from solar energy systems installed both on the roofs of buildings and in large-scale plants around the cities.

There are cities and regions that aim to be powered 100% by renewables to meet electricity consumption.

This trend goes in parallel with the electrification of consumption (electric mobility, heat pumps), thus greatly contributing to urban CO₂ reduction.

Increasingly green construction

The policies for an energy renovation

of buildings is an essential element for the achievement of climate targets. It is no coincidence that the European Parliament is discussing the new European Directive on the Energy Performance of Buildings requiring residential buildings to achieve at least energy class E by 1 January 2030, and at least energy class D by 1 January 2033.

This might seem like an ambitious goal but, actually, these are modest improvements compared to the urgency of a drastic reduction in emissions in the building sector.

A step forward can be achieved by increasing the share of buildings annually renovated. They currently account for only 1% of the European and Italian building stock. There should also be a transition towards a deep renovation of buildings, which allows a significant reduction in fossil fuel consumption.

From this point of view, the experiments underway in various European countries, such as Energiesprong, are quite interesting¹⁰. Through industrialisation of the retrofit, significant time and costs reduction will be achieved with an increase in productivity, which is historically rather low in the building sector.

Particular attention should be paid to the need for thermal comfort in a scenario of increasing temperatures. The average temperature in Italy for the period 1991-2020 was 13.8 °C (compared to 11 °C in the pre-industrial period). And the most substantial increase has occurred in the last 50 years.

In 6 of the 14 Italian metropolitan areas, the average temperature of the period 2009-2018 has increased by more than 3°C compared to the period 1961-1970¹¹.

Political leadership and technology help, but we also need a cultural and economic change

The need for a decisive acceleration of climate policies has led to the definition of relatively ambitious short-term objectives (such as the EU 55% GHG cut by 2030 compared to 1990), and very ambitious long-term objectives (110 countries are aiming to achieve carbon neutrality between 2050 and 2070).

But the reality is that emissions continue to rise, and the growth of renewables and efficiency are still unable to reduce the fossil fuel consumption. Global CO₂ emissions, 37.5 Gt in 2022, were 54% higher than the value recorded in 1997, the year of the Kyoto Protocol. Is it a failure of climate policies? From a certain point of view it is, but looking forward we must consider the very rapid transformations that will help to cut emissions.

vendite delle auto elettriche hanno superato quelle diesel. In realtà, il successo della decarbonizzazione sarà possibile solo se, accanto all'evoluzione delle tecnologie vi sarà la crescita della consapevolezza, facilitata dalla mobilitazione di centinaia di migliaia di giovani, della necessità di stimolare una rivisitazione di un modello economico basato sulla crescita dei consumi e un mutamento degli stili di vita.

Torniamo al ruolo dei centri urbani. Certo il contributo in termini di riduzione dei consumi nell'edilizia e nella mobilità, della produzione solare, potrà essere notevole.

Ma disaggregando il contributo emissivo delle città, oltre a quello diretto (come mobilità e riscaldamento) e a quello indiretto (come le emissioni delle centrali elettriche), vi è una terza componente (scope 3) che riguarda la grande quantità di beni che vengono comprati e poi utilizzati. Quest'ultima voce legata alle "importazioni" rappresenta quasi sempre il valore più elevato della CO₂ urbana e suggerisce la possibilità di avviare scenari virtuosi basati sulla sobrietà e sull'economia circolare.

Nelle città si concentrano infatti risorse, capitali, competenze che possono favorire processi innovativi e lo sviluppo di modelli economici fondati sulla riparazione, il riutilizzo, la condivisione dei beni. I centri urbani possono inoltre sviluppare processi produttivi, puliti e senza scarti, anche grazie ad approcci innovativi come la stampa 3D.

In sostanza, le città sono e saranno sempre più al centro di un rapido cambiamento per riuscire ad adattarsi al cambiamento climatico e per ridurre il contributo di gas climalteranti. La capacità di governare questa trasformazione sarà un elemento centrale per capire le dinamiche future delle città, la loro resilienza e la loro leggerezza carbonica.

For example, the North Sea is transforming itself from a producer of Oil and Gas to a Wind Power Hub. UK and Germany aim to achieve 50 and 30 GW offshore windfarms by 2030. Renewables could guarantee two thirds of the Italian electricity demand by the end of the decade.

Moreover, in several European countries, sales of electric cars have surpassed diesel ones.

But the success of decarbonisation will only be possible by increasing awareness, which can be facilitated by the mobilisation of hundreds of thousands of young people. And by a review of economic models based on consumption growth combined with lifestyle changes. And let's go back to the role of urban centres. Certainly, the contribution in terms of reducing fossil consumption in buildings and mobility could be quite large.

But disaggregating the emission contribution of cities, in addition to the direct one (such as mobility and heating) and the indirect one (such as emissions from power plants), there is a third component (scope 3), which concerns the large quantity of goods purchased and used in urban areas. This contribution linked to "imports" almost always represents the highest value of urban CO₂ and suggests the necessity and possibility of virtuous scenarios based on sobriety and on circular economy. Indeed, cities concentrate resources, capital and skills that can foster innovative processes based on repairing, reutilising and sharing goods. Urban centres can also develop clean and waste-free production processes, also thanks to innovative approaches such as 3D printing.

In essence, cities are and will increasingly play a central role in a rapid

NOTE

¹ [Climate.copernicus.eu/how-close-are-we-reaching-global-warming-15degC](https://climate.copernicus.eu/how-close-are-we-reaching-global-warming-15degC)

² www.weforum.org/agenda/2022/05/1-5-degrees-world-global-warming-wmo-reports

³ TAPE (Turin Action Plan for Energy), 3° rapporto di monitoraggio, marzo 2022

⁴ frankfurt.de/themen/klima-und-energie/klimaschutz/startseite-klimaschutz, "Bausteine für den Klimaschutz: Frankfurt am Main 2019 und 2020"

⁵ 5° Rapporto Mobilitaria (Kyoto Club and Cnr-Iia, 2022)

⁶ www.bloomberg.com/news/articles/2022-09-20/more-than-half-of-us-car-sales-will-be-electric-by-2030?leadSource=uverify%20wall

⁷ Smart Mobility Report 2022 (Politecnico di Milano, 2022)

⁸ www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/autonomous-drivings-future-convenient-and-connected

⁹ Reversing Car Dependency: Summary and Conclusions, ITF Roundtable Reports, No. 181, (OECD Publishing 2021)

¹⁰ energiesprong.org/

¹¹ www.openpolis.it/aumentano-le-temperature-nei-comuni-italiani/

change in order to be able to adapt to climate change and to reduce the contribution of GHG. The ability to govern this transformation will be a central element to understand the future dynamics of cities, their resilience, and their carbon free evolution.

NOTES

¹ [Climate.copernicus.eu/how-close-are-we-reaching-global-warming-15degC](https://climate.copernicus.eu/how-close-are-we-reaching-global-warming-15degC)

² www.weforum.org/agenda/2022/05/1-5-degrees-world-global-warming-wmo-reports

³ TAPE (Turin Action Plan for Energy), 3° rapporto di monitoraggio, marzo 2022

⁴ frankfurt.de/themen/klima-und-energie/klimaschutz/startseite-klimaschutz, "Bausteine für den Klimaschutz: Frankfurt am Main 2019 und 2020"

⁵ 5° Rapporto Mobilitaria (Kyoto Club and Cnr-Iia, 2022)

⁶ www.bloomberg.com/news/articles/2022-09-20/more-than-half-of-us-car-sales-will-be-electric-by-2030?leadSource=uverify%20wall

⁷ Smart Mobility Report 2022 (Politecnico di Milano, 2022)

⁸ www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/autonomous-drivings-future-convenient-and-connected

⁹ Reversing Car Dependency: Summary and Conclusions, ITF Roundtable Reports, No. 181, (OECD Publishing 2021)

¹⁰ energiesprong.org/

¹¹ www.openpolis.it/aumentano-le-temperature-nei-comuni-italiani/

Lorenzo Matteoli,

Retired full tenure professor of Architectural Technology, Politecnico di Torino, Italia

matteoli@iinet.net.au

La “continuità” nelle ultime migliaia di miliardi anni (circa)

Dal Big Bang al Pianeta minerale rovente milioni di miliardi di anni.

Dal Pianeta rovente al Pianeta

gelido centinaia di miliardi di anni.

Dal Gelo ai licheni decine di miliardi di anni.

Dai licheni alle foreste centinaia di milioni di anni.

Dall'ameba agli invertebrati decine di milioni di anni.

Dagli invertebrati ai mammiferi milioni di anni.

Dal pitecantropo all'*homo sapiens* 200.000 anni.

Dalla Pietra al Rame e al Bronzo 50.000 anni.

Dal Bronzo al Ferro 20.000 anni.

Dal *travois*¹ alla ruota: 50.000 anni.

Dalle triremi ai grandi velieri 1000 anni.

Dai grandi velieri ai piroscafi 150 anni.

Dal legno al carbone 150 anni.

Dal carbone al petrolio 150 anni.

Dal petrolio al gas (simultaneo alle rinnovabili) in corso.

Dal gas al nucleare fissione (simultaneo alle rinnovabili) in corso.

Dalla fissione alla fusione nucleare 80 anni a venire.

Dalla fusione nucleare alla... grande palla rossa quasi fredda.

L'antropocene è finito da milioni di anni ...

... ancora qualche centinaio di miliardi di anni² a venire e poi polvere cosmica.

End of story.

Grandi cambiamenti nella nostra esperienza da pitecantropi, a *hominines sapientes*, e all'attuale condizione (almeno per alcuni di noi), che chiamerei post-scientifica.

Transition or Continuity

“Continuity” in the last trillion years (approximately)

From the Big Bang to the Hot Mineral Planet millions of billions of years.

From the hot planet to the freezing planet hundreds of billions of years.

From frost to lichens tens of billions of years.

From lichens to forests hundreds of millions of years old.

From amoeba to invertebrates tens of millions of years.

From invertebrates to mammals millions of years.

From Pithecanthropus to *Homo sapiens* 200,000 years.

From Stone to Copper and Bronze 50,000 years.

From Bronze to Iron 20,000 years.

From the *travois*¹ to the wheel: 50,000 years.

From Triremes to the great sailing ships 1000 years.

Un istante nella storia di miliardi di anni del Pianeta.

Fin dagli studi di liceo siamo abituati a considerare la storia come un insieme di “episodi”: l'Egitto dei faraoni, la Grecia di Pericle, la Roma repubblicana e la Roma imperiale, Caio Giulio Cesare, *De Bello Gallico*, Costantinopoli, Bisanzio, la caduta dell'Impero Romano, le invasioni barbariche ..., Federico II di Svevia, il Medioevo, il Rinascimento, la Rivoluzione americana, quella francese, quella russa ... quella industriale ...

Questa visione della storia per “blocchi” temporali o geografici/spaziali è in realtà un drammatico errore che non ha solo compromesso la nostra cultura storica, ma, in modo più o meno serio, tutta la nostra capacità critica politica, geografica, economica, artistica, musicale e quale altra categoria si possa elencare (culinaria, calcistica, architettonica, tecnologica...)

Per uscire dall'errore della visione parcellizzata e impacchettata alla quale siamo stati educati dobbiamo recuperare una caratteristica fondamentale della storia e della realtà: la *continuità complessa*, ovvero l'intrico delle interazioni spaziali, geografiche, politiche, temporali, culturali, antropologiche che caratterizza lo svolgimento della Storia.

Una definizione di transizione

Il significato corrente del termine è: “*In un processo organizzato per fasi il passaggio da una fase ad una fase successiva si qualifica come transizione*”.

Una definizione conseguente alla concezione per episodi o per blocchi della storia e dei suoi processi: un episodio A passa al successivo episodio B attraverso uno stadio intermedio detto appunto *di transizione*.

Una visione della storia molto particolare e infondata, perché la

From the great sailing ships to the steamers 150 years.

From Wood to Coal 150 years.

From coal to oil 150 years.

From oil to gas to renewables now in progress.

From gas to nuclear fission renewables now in progress.

From Fission to Nuclear Fusion 80 years to come.

From nuclear fusion to...the big almost cold red ball.

The Anthropocene ended millions of years ago ...

... still a few hundred billion years to come and then ... cosmic dust².

End of story.

Big changes in our experience from pithecanthropes to *hominines sapientes*, and to the current condition (at least for some of us), which I would call post-scientific.

The Anthropocene is a millisecond in the billion-year history of the planet.

Since high school we have been used to considering history as a set of “events”: the Egypt of the Pharaohs, the Greece of Pericles, Republican Rome and Imperial Rome, Constantinople, Byzantium, the Fall of the Roman Empire, Frederick II Hohenstaufen, the Middle Ages, the Renaissance, the American Revolution, the French one, the Russian one ... the industrial one ...

This vision of history as a sequel of events or spatial/time “blocks” is actually a mistake that has compromised not only our historical culture, but, more or less seriously, all our political, geographical, economic, artistic, musical perceptions, and every other category that can be thought of (culinary, soccer, architectural, technological, etc.).

In order to get out of the bias of the fragmented and packaged vision in

storia è invece connotata da *complessa continuità*. La storia non è organizzata in fasi e, se lo fosse, sarebbe impossibile stabilire quando finiscono e quando iniziano.

La continuità complessa La complessa condizione di ogni dato momento storico è legata, in modo più o meno consequenziale, logico e più o meno determinato a tutte le condizioni che la precedono e a tutte le condizioni che la seguono, che siano previste o meno. Infatti, l'ipotesi, la previsione, il timore, la certezza di future possibilità e svolgimenti condizionano ogni momento di un processo continuo³, ovvero l'intero processo continuo è caratterizzato e condizionato da una rete di *feed-back* e di *feed-forward*⁴.

La definizione di *transizione* che ho proposto è interessante perché in pratica nega l'esistenza dell'oggetto che vorrebbe definire: infatti, se la storia è continuità, non sono date fasi transitorie, perché tutto è continuamente transitorio. Nulla finisce mai, nulla mai comincia. Tutto continua⁵.

Questa posizione impone quindi di cambiare il titolo di questa riflessione: non si tratta di analizzare la "*transizione al dopo petrolio*", ma di analizzare le "*caratteristiche della continuità storica al dopo petrolio*", nell'assunto, secondo alcuni utopico e velleitario, secondo altri corretto e possibile, di definire un plausibile *controllo* degli svolgimenti verso un "*futuro voluto*" di Pianeta *beyond oil*. Dialettica che lascio ad altra sede.

Le possibili "continuità" Vediamo invece quali potrebbero essere le caratteristiche di continuità alle diverse scale del processo storico dalla condizione attuale a quella di un futuro *beyond oil*⁶ (meglio: a un futuro

which we have been educated, we have to recover the basic feature of history and of reality: complex continuity, the tangle of spatial, geographical, political, temporal, cultural, anthropological interactions, which is the essence of history.

A definition of transition

The current meaning of the term is "in a process organised in stages, the passage from one stage to a subsequent stage qualifies as a transition". A definition based on the assumption of history and its processes as a sequence of "episodes" or "blocks". A very peculiar and baseless assumption because history is, in fact, complex continuity.

Complex continuity

The complex condition of any given historical moment is linked, in a more

or less consequential, logical and determined way, to all the preceding and following conditions, whether foreseen or not³. In fact, the hypothesis, the forecast, the fear, the certainty of future possibilities and developments define every moment of a continuous process, i.e. the entire continuous process is tuned and conditioned by a drove of feed-backs and feed-forwards⁴.

The definition of "transition" I propose is interesting because it actually denies the existence of its object: in fact, if history is continuity, there are no transient stages, because everything is continuously flowing. No beginnings, no ends⁵.

This implies changing the title of this perusal: the problem is not to analyse the "transition" to "beyond-oil", but to analyse the specific conditions of the "complex continuity that will lead to a beyond-oil status" in order to define a

nel quale il petrolio sia convertito solo in processi per i quali non sia assolutamente sostituibile)⁷.

Continuità culturale

Dove con cultura si intende la definizione ampiamente comprensiva data da Emmanuel Kant come "*il senso di vivere in un luogo in un momento*".

Un senso che deve essere continuamente alimentato, attrezzato razionalmente, fornito di mezzi scopi e obbiettivi.

Il luogo è il Pianeta e il momento è la continuità storica complessa fino alla gestione del Pianeta *beyond oil*. La cultura, così intesa, è il pilastro formidabile che sostiene tutte le strutture delle diverse continuità storiche, il luogo ideale dove si formano e istruiscono le visioni concettuali sociali di prassi e di governo, le tensioni utopiche del mandato esistenziale, il concerto e l'unità di intenti, il debito etico nei confronti di sé stessi e degli altri, in sostanza "*la ragione per cui*".

Niente cultura, niente storia⁸.

Continuità degli equilibri del sistema geopolitico planetario (gestione della)

Il petrolio e la distribuzione delle sue riserve sul Pianeta è struttura di un consolidato sistema di equilibri geopolitici. La scoperta di nuovi giacimenti, l'esaurimento di giacimenti esistenti, la disponibilità di nuove tecnologie di sfruttamento dei giacimenti esistenti modificano la struttura degli equilibri geopolitici planetari dell'economia del petrolio.

La continuità del sistema di equilibri, nel continuo cambiamento della sua struttura, conseguente al graduale intervento di un diverso sistema di fonti energetiche (sole, vento ecc.), deve esse-

plausible control of developments towards a "desired future" of the Planet. A process that is utopian and unrealistic according to some, correct and possible according to others. A debate I leave to another seminar.

The "continuities"

Let us see what the specific features of complex continuity could be at the different scales of the historical process from the current condition to that of a future beyond oil⁶ (better: to a future in which oil is converted only in processes for which it is absolutely⁷ not replaceable).

Planetary geopolitical system balance continuity

Oil and the distribution of oilfields on the planet is the structure of a consolidated system of geopolitical balances. The discovery of new fields, the deple-

tion of existing fields, the availability of new technologies for the exploitation of existing fields continuously change the structure of the global geopolitical balance of both oil economy and World economy.

The continuity of the system of balances, in the ongoing change of its structure, consequent to the gradual intervention of a different system of energy sources (coal, oil, gas, fission, fusion, sun, wind, etc.), must be carefully monitored within the strategic framework of international trade. It must be negotiated by global institutions, and the consequences must be controlled to prevent marginal, or extreme, dangerous situations.

Cultural continuity

Where for "culture" I assume the widely comprehensive definition given by Emmanuel Kant as "the sense of living

re oggetto di attenzione, nel quadro strategico degli scambi internazionali, va negoziata nella sua gradualità dalle istituzioni globali e vanno monitorate continuamente le sue conseguenze per prevenire situazioni marginali, o estreme, pericolose.

Continuità occupazionale

La modifica del modello energetico polarizzato dell'offerta petrolifera/gas naturale rispetto all'offerta diffusa eolica/solare/accumulo comporterà modifiche del modello occupazionale con importanti spostamenti della domanda e dell'offerta di lavoro nel manifatturiero e nei servizi alle diverse scale geografiche (locale, regionale, nazionale, internazionale).

Il controllo di questa continuità potrebbe fornire opportunità di riequilibrio delle grandi disuguaglianze economiche provocate dal capitalismo aggressivo (privato e di stato) degli ultimi settant'anni.

Continuità delle istituzioni per l'istruzione e la formazione

La previsione delle modifiche della domanda e dell'offerta di lavoro e di competenze e il loro riscontro da parte delle istituzioni dell'istruzione e della formazione professionale dovrà tenere conto dei dettagliati aspetti qualitativi, quantitativi e della loro distribuzione nel tempo (i.e. scadenze temporali).

Le strutture e gli istituti per l'istruzione e la formazione delle competenze professionali devono essere impostate con anticipo di 10-15 anni rispetto alle scadenze della domanda prevista.

Un sistema energetico con tecnologie nuove, nuove intelligenze di rete, nuove intelligenze di utenza e di fornitura richiede competenze professionali diverse da quelle attualmente disponibili, organizzazione delle responsabilità e delle gerarchie aziendali

at a given time in a given place".

That sense must be continuously fed, given reasons, scope, means and objectives.

The place is the Planet and the time is the complex historical continuity to the time of the Planet beyond oil.

Culture is the formidable pillar supporting all the structures of the different historical continuities, the virtual context where social visions of praxis and government are conceived and shaped, where the utopian existential mandates, the unity of intent, the ethical debt towards oneself and others are generated, in essence "the whole reason why".

Employment continuity

Changes to the polarised energy model of oil/natural gas/nuclear supply compared to the widely scattered wind/solar/storage supply will lead to changes to the employment model with impor-

tant shifts in the demand and supply of labour, of manufacturing structures and financial services at different geographical scales (local, regional, national, international).

Controlling this continuity could provide opportunities to restore the large economic inequalities caused by aggressive capitalism (private and state) over the last 70 years.

The continuity of educational and training institutions

The response to the demand and supply of labour qualifications by vocational education and training institutions must be consistent with the specific qualitative and quantitative aspects of future changes brought by new energy industrial models.

The consistent business education and training institutions and facilities must be operational 10 to 15 years before the

expected demand deadline, which was ten years ago.

An energy system with new technologies, new network intelligence, new user and supply intelligence requires professional skills that differ from those currently available as supplied by current educational institutions, so are corporate hierarchies and territorial services, to date a complex asset to conceive and design.

To grant this specific continuity we need an emergency strategy given the current tardiness.

Continuità dei sistemi e delle strutture di informazione
Un sistema energetico ad alta efficienza, bassa intensità, forte depolarizzazione territoriale come quello che sarà istruito dalla graduale sostituzione dei sistemi insediati attuali, richiederà un servizio di informazione sofisticato, sia delle utenze che della fornitura (*supply and demand side*) e della distribuzione.

Tecnologie di misura dei flussi e dei livelli entalpici delle varie conversioni e di riscontro in tempo reale, attuatori sofisticati di smistamento distributivo nelle reti (*dispatching*), automatismi di attuazione puntuali, affidabili e automatici: un'area di domanda ancora sconosciuta per la quale sono necessari ricerca, progetto, sperimentazione, produzione industriale delle tecnologie di risposta.

Continuità delle dinamiche macroeconomiche globali

La radicale modifica delle fonti energetiche e della loro distribuzione territoriale caratteristica della polarizzazione delle grandi centrali provocata dalla diffusione delle fonti alternative sole/vento e delle tecnologie di accumulo ("*sistemi*" *integrati casa per casa o auto per auto*) modificherà la struttura della macroeconomia energetica. Un cambiamento che al completamento dei processi di sostituzione sarà radicale. Previsione, gestione e misure di controllo di questa continuità dovranno essere studiate, rilevate, negoziate, trattate e implementate per evitare crisi di sistema.

the users, for the supply and demand side, and for the distribution network.

Accessories for measuring flows and enthalpy levels of the various conversions and services for real-time feedback are needed, as sophisticated activating devices for smart distributive dispatching and reliable, automatic, activation devices: still a relatively unknown area for which research, design, testing, are required before industrial production of technologies is possible.

Global macroeconomic paradigm continuity
The territorial diffusion of alternative sun/wind sources and of storage technologies (house by house or car by car "systems") will change the structure of the current energy macro-economy as set by the large power plants and main grid network system. A gradual change that will be radical upon com-

The continuity of information systems and structures

A high efficiency, low intensity, strong territorial depolarised energy system, such as the one that will be shaped by the gradual replacement of the current operational energy system, will require a sophisticated information service for

Di nuovo il controllo di questa continuità potrebbe fornire opportunità di riequilibrio delle grandi disuguaglianze economiche provocate dal capitalismo aggressivo (privato e di stato) degli ultimi 70 anni.

Continuità dell'azione di governo alle varie scale

Tutte le continuità sinteticamente evocate alle varie scale di concezione e implementazione tattica e strategica (privata individuale, locale, regionale, nazionale, internazionale, continentale, planetaria) richiedono continuità di governo, concerto e visione di lungo termine.

La gestione di un Pianeta a elevata efficienza energetica, *beyond oil*, impone equilibri e accordi politici e di scambio macroeconomico, finanziario, commerciale, offerta di capitale e di lavoro transnazionali, accesso garantito a materie prime indispensabili per le tecnologie intelligenti di misura, monitoraggio, regolazione e controllo (terre rare). L'enorme domanda di minerali speciali per i sistemi di accumulo elettrico (litio) è una pericolosa opportunità per operazioni di controllo e cartello monopolistico di matrice politica, militare o imprenditoriale.

Altre possibili continuità:

- Continuità della ricerca;
- Continuità sanitaria;
- Continuità della comunicazione;
- Continuità dell'espressione artistica;
- Continuità della mobilità;
- Continuità della sicurezza (forse impossibile).

pletion of the replacement processes. Forecasting, management and control measures of the global geographical scope of this continuity will have to be studied, designed, negotiated and implemented to avoid system crises.

Again, control of this continuity could provide opportunities for rebalancing the great economic inequalities caused by aggressive capitalism (private and state) of the last 70 years.

Government action continuity

All the continuities briefly described for the different tactical and strategic levels of implementation (individual private, local, regional, national, international, continental, planetary) require continuity of political intent, government, and long-term vision.

The management of an energy efficient beyond-oil Planet implies political and macroeconomic, financial, commercial

balances and agreements, transnational supply of capital and work, guaranteed access to essential raw materials for smart measurement, monitoring, regulation and control devices (rare earths). The huge demand for rare minerals for electrical storage technologies (lithium) is a dangerous opportunity for political, military, or corporate monopoly control and cartel operations.

Other possible continuities:

- Research continuity;
- Health institutions continuity;
- Communication continuity;
- Art continuity;
- Mobility continuity;
- Security (peace) continuity.

Implementation

A global governance framework, such as the one hypothetically necessary to set up and guarantee these continuities

Probabilità di implementazione

Un quadro di governo globale, come quello ipoteticamente necessario per istruire e garantire queste continuità non è pensabile senza un'istituzione di competenza planetaria dotata del mandato e degli strumenti per la implementazione dei suoi dispositivi di governo (burocratici, esecutivi e di controllo).

La ridefinizione di un Pianeta *beyond oil*, ad alta efficienza energetica e il governo della continuità dei processi di svolgimento storico per la sua realizzazione, si presenta come eccezionale opportunità per uscire dalla drammatica situazione attuale di disuguaglianze sociali e geopolitiche conseguenze di secoli di capitalismo (di stato e privato) aggressivo e predatorio, di sfruttamento coloniale, di nazionalismi settari, di dogmatismi religiosi e di ingiusto privilegio economico, sociale e geografico.

Una opportunità che potrebbe essere realizzata per concezione ideologica, visione politica, progetto e governo, ma che potrebbe anche imporsi per dura, ineludibile necessità⁹.

La probabilità che si verifichi attraverso la sequenza di eventi caotica e complessa che oggi caratterizza lo svolgimento della storia del Pianeta è minima per non dire nulla.

Cosa è più probabile che avvenga

L'ipotesi di scenari futuri *surprise free* non è più attendibile: tutto lo svolgimento degli ultimi trent'anni è caratterizzato da episodi assolutamente imprevedibili (*black swans* secondo Nassim Nicholas Taleb): Prima crisi energetica OPEC 1973, caduta del Muro di Berlino 9 novembre 1989, Guerra del Golfo 1990-91, le Torri gemelle 11 settembre 2001, le guerre in Iraq e in Afghanistan, la gran-

ability of it manifesting through the chaotic and complex random conflicting sequence of events now unfolding on the planet is minimal to say nil.

What is more likely to happen

The assumption of "surprise free" future scenarios is no longer trustworthy. The history of the last 30 years is a sequence of unexpected and utterly unpredictable episodes (black swans according to Nassim Nicholas Taleb): First OPEC 1973 energy crisis, Fall of the Berlin wall 9 November 1989, Gulf War 1990-91, the Twin Towers 11 September 2001, Iraq and Afghanistan wars, the Great Financial Crisis 2007-2008, the 2019 world pandemic, the War in Ukraine in 2022.

Today we know that both state and private capitalisms are in agony, and that the energy-environmental crisis is very close to that deadline, if it has not

de crisi finanziaria del 2007-2008, la pandemia del 2019, la guerra in Ukraina 2022.

Oggi sappiamo che i capitalismi (di stato e privati) sono in una situazione terminale e che la crisi energetico-ambientale, se non ha già superato la linea di non ritorno, è molto vicina a quella scadenza. La tensione fra la Cina e il Mondo Occidentale è critica. Intorno a questi tre fattori di incertezza si svolgeranno i prossimi dieci anni. Salvo sorprese...

L'ipotesi di un *governo mondiale* viene evocata da tempi storici, ma non se ne vedono ancora gli elementi pratici embrionali.

Un tentativo delle Nazioni Unite di creare una sezione, un sottogruppo, un comitato per promuovere l'iniziativa di un coordinamento di Paesi membri interessati alla gestione dello svolgimento storico continuo finalizzato alla gestione *beyond oil* del Pianeta adottando una costituzione sul modello della proposta della University of Chicago 1945¹⁰. Difficile, se non impossibile, una adesione totale. Probabili altre azioni analoghe, per esempio da parte della Cina, dell'India, dei Paesi Africani, del Sud e Centro America...

Ma anche questa è una ipotesi ottimistica.

L'alternativa è l'approccio a ranghi sciolti, sicura premessa di insuccesso.

Alcuni paesi, forse, ce la faranno.

Altri no.

NOTE

¹ Due stanghe appoggiate a terra, trainate da un cavallo, trasportano i carichi.

² Gli anni ipotizzati sono una mia approssimazione puramente letteraria.

already crossed the line of no return. The tension between China and the Western world is critical.

The next 10 years will revolve around these three factors of uncertainty, barring any other unpredictable accident. The hypothesis of a "World Government" has been continually evoked⁸ for the last few centuries by utopians, prophets and political visionaries. Apart from the medieval Monasteries, nothing happened.

Nevertheless there could be an attempt by the United Nations to create a section, a subgroup or a committee to promote the World Government initiative by coordinating member countries interested in managing continuous historical development aimed at establishing the "beyond oil" Planet by building on the model proposed by the University of Chicago Special Committee in 1945⁹. Membership by all the World countries

will be hard to achieve, if not impossible. There may be other similar actions, for example by China, India, African countries, South and Central America ... But this too is an optimistic idea.

The alternative is the loose ranks approach, a premise of failure. Some countries will make it. Others will not.

NOTES

¹ Two long poles on the ground dragged by a horse carry the load.

² Time assumptions are my utterly unsubstantiated personal guess.

³ Oedipus killed his father Laio and married his mother Giocasta as a consequence of the infamous prophecy.

⁴ Retroactive or anticipatory information.

⁵ Nothing new, ancient Greek philosophers had a specific name for it: Τα πάντα ρει.

³ Fu l'infausta profezia che costrinse Edipo a uccidere il padre Laio e a sposare la madre Giocasta.

⁴ Informazioni retroattive e anticipatrici.

⁵ Un concetto non nuovo visto che nella Grecia Classica era definito in modo specifico: Τα πάντα ρει.

⁶ Ahmed Zaki Yamani (1931-2021), ministro del Petrolio e delle Risorse dell'Arabia Saudita dal 1962 al 1986 e per 25 anni uno dei ministri OPEC, disse sulla fine del petrolio: «The Stone Age did not end because the world ran out of stone, and the Oil Age will end long before the world runs out of oil».

⁷ Difficile stabilire nel dettaglio quali conversioni siano sostituibili e quali no.

Criteri generali per la sostituibilità possono essere:

- Tutte le conversioni per uso termico finale a temperature inferiori a 80 °C;
- Tutte le conversioni per trasporti e mobilità su strada;
- Tutte le conversioni per la produzione di energia elettrica.

Per la non sostituibilità:

- Tutte le conversioni di processi petrolchimici: fertilizzanti, medicinali, materie plastiche;
- Tutte le conversioni per la produzione di combustibili per trasporti aerei;
- Tutte le conversioni per la produzione di vernici, lubrificanti, solventi;
- Nota: all'interno di ogni criterio sono plausibili molte distinzioni.

⁸ Per evocare il francese: "Pas des problèmes, pas d'histoire".

⁹ Viene qui evocato un *reset*, che altri evocano con diverse finalità e diverse visioni ideologiche, politiche e culturali, non tutte credibili, non tutte apprezzabili, e che venne anticipato nel 1945 dal *Gruppo di studio della University of Chicago* presieduto dal Prof. Giuseppe Antonio Borgese (membri illustri Thomas Mann e Lewis Mumford, cfr. *Fondamenti della Repubblica Mondiale* di G.A. Borgese, traduzione di L. Matteoli e A. Terranova, La nave di Teseo, Milano 2022).

¹⁰ Gruppo di studio presieduto dal prof. Giuseppe Antonio Borgese.

⁶ Ahmed Zaki Yamani (1931-2021) Minister for Oil and Resources of Saudi Arabia from 1962 to 1986 and for 25 years one of the OPEC ministers, on the end of oil:

«The Stone Age did not end because the world ran out of stone, and the Oil Age will end long before the world runs out of oil».

⁷ It is not easy to state which conversions will be substituted and which will not. General criteria for substitution could be:

- Any thermal conversion for final use below 80°C;
- Any conversion for transportation and land mobility;
- Any conversion for electrical power production.

General criteria for non-substitution could be:

- Any conversion for petrochemical processes;

- Any conversion for air transport fuel;
- Any conversion for lubes, solvents and paints.

Note: there may be many distinctive items within each criterion.

⁸ The "reset" referred to here has been evoked with different scopes and ideological visions by many authors. In 1945 a special committee of the University of Chicago chaired by Prof. Giuseppe Antonio Borgese produced *The Preliminary Draft of a World Constitution*, University of Chicago Press, 1948. Famous members of the committee Thomas Mann and Lewis Mumford.

⁹ The story of the Chicago Committee was written in 1956 by G.A. Borgese and translated into Italian in 2022, cfr. *Fondamenti della Repubblica Mondiale*, translation by L. Matteoli and A. Terranova, La nave di Teseo, Milan 2022.

a cura di/edited by Francesca Thiébat, <https://orcid.org/0000-0003-4478-6693>

«[...] quelli che si vedono là non sono giganti ma mulini a vento, e ciò che in essi paiono le braccia, son le pale che girate dal vento fanno andare la pietra del mulino». M. De Cervantes, *Don Chisciotte della Mancia*.

La transizione energetica richiede sinergie sempre più forti tra architettura e ingegneria, tra tecnologia, identità dei luoghi e comunità locali, tra sistemi naturali e sistemi antropici. La rubrica *Reportage* attraverso la composizione di un racconto per immagini, si interroga sul ruolo della cultura progettuale nello sviluppo di linguaggi architettonici e soluzioni tecniche integrate e sostenibili per la produzione energetica.

Le immagini sono state selezionate attraverso una *Call for Photo* promossa da SITdA con l'obiettivo di mettere in luce gli aspetti di innovazione morfotipologica legati alle tecnologie per l'energia rinnovabile e la loro relazione con l'architettura, il paesaggio e il territorio. Dodici scatti, su circa cinquanta, sono stati selezionati dalla Giuria composta dal Presidente della SITdA Mario Losasso, dall'Editor in Chief di TECHNE Elena Mussinelli, dal membro del Board di TECHNE Francesca Thiébat, dall'architetto e docente Gianfranco Neri e da Massimo Vicinanza, fotografo professionista e docente. Il reportage collettivo "I paesaggi della transizione energetica" riunisce e mette in connessione con il tema del numero 26 le fotografie scelte.

Quando ci confrontiamo con il paesaggio, dobbiamo affrontare diverse letture culturali che sono interconnesse e stratificate. Queste, insieme alle nostre percezioni soggettive, definiscono il punto di vista e la scala che ogni opera di architettura crea nell'ambiente. L'opera di architettura diventa un nuovo elemento del paesaggio (Schiavonati, 1999).

Lo stesso concetto può essere esteso alle tecnologie per la produzione energetica. Dalle grandi infrastrutture ai sistemi integrati negli edifici, le tecnologie diventano parte del paesaggio. La tecnologia costituisce il "mezzo" attraverso cui uno spazio si tramuta in un luogo nel quale la comunità si possa riconoscere (Dierna, 2007).

Nelle fotografie di Federica Conte ed Erika Sezzi grandi parchi fotovoltaici, dall'Argentina (Fig. 1) all'Italia (Fig. 2), ridisegnano il paesaggio naturale, più o meno antropizzato, integrandosi artificialmente con le preesistenze. Claudio Zanirato evidenzia la relazione tra natura e architettura attraverso le immagini di un centro pediatrico costruito su pilotis tra gli alberi (Figg. 5, 6). La geotermia, il fotovoltaico integrato e l'uso del legno, consentono alla tecnologia di integrarsi nell'edificio e di integrare l'edificio stesso nella natura.

In contrapposizione, architetture e infrastrutture per l'energia che si refigurano come nuove forme di paesaggio sono riconoscibili negli scatti di Elena Fontanelle, Federico Versari e Celeste D'Ercoli. L'edificio bioclimatico di una stazione di servizio autostradale (Fig. 3), in grado di produrre e conservare l'energia, mette in evidenza la stretta relazione tra il settore dei trasporti e quello delle costruzioni, che insieme rappresentano il 70% delle emissioni di CO₂. La Diga in Emilia-Romagna (Fig. 4), infrastruttura per la produzione di energia elettrica e bacino artificiale integrato nel sistema idrico regionale per mitigare siccità e alluvioni (Vesentini, 2023), riconfigura il paesaggio con un'altezza di 103 metri. L'immagine di una "mega-pensilina" fotovoltaica, quasi un totem della transizione energetica, confina in secondo piano il Mar Mediterraneo e l'orizzonte (Fig. 11).

Infine, alcune immagini rappresentano interventi spontanei, esito di un adattamento da parte della comunità locale all'emergenza attuale, che, confrontandosi con diversi contesti, da quello rurale a quello urbano, tentano di rispondere alla sfida della transizione energetica e contemporaneamente segnalano l'avvio di una transizione culturale e sociale. Maicol Negrello mostra l'essenzialità di strutture rurali nel biellese (Figg. 7, 8, 9) protette da coperture fotovoltaiche, leggere ed eleganti nella loro semplicità, che azzerano il consumo di nuovo suolo. Nicolò Fenu mostra un paesaggio urbano tipico delle località costiere italiane (Fig. 10), nel quale la transizione è in attesa ed è "visibile" nelle opere incomplete (ad es. la pensilina senza fotovoltaico). La fotografia di Ilaria Montella (Fig. 12) riporta criticamente al tema della *Call* mettendo in evidenza i rischi di una transizione senza architettura, paesaggio e comunità.

Schiavonati, F. (1999), "L'architettura dei servizi", in De Giorgi, M. (eds), Marco Zanuso Architetto, Skira, Milano

Dierna, S. (2011), Introduzione, in Tucci, F. a cura di Efficienza ecologica ed energetica. Atti del convegno internazionale – Environmental and energy Efficiency in Architecture International Conference Proceedings
Vesentini, I. (2023), "Ridracoli nel mirino, ma la diga mitiga alluvioni e siccità", Il Sole 24 Ore, 5 giugno 2023.

THE LANDSCAPES OF THE ENERGY TRANSITION

«[...] what you see over there aren't giants, but windmills, and what seems to be arms are just their sails, that go around in the wind and turn the millstone». M. De Cervantes, *Don Chisciotte della Mancia*.

The energy transition requires increasingly strong synergies between architecture and engineering, technology and local identities / communities, and natural and anthropic systems. The "Reportage" column, through a visual narrative, explores the role of design culture in the development of architectural languages and sustainable technical solutions for energy production.

The images were selected through a Call for Photo promoted by the Italian Society of Architectural Technology (SITdA) with the aim of highlighting the aspects of morpho-typological innovation related to renewable energy technologies and their relationship with architecture, landscape, and territory. Twelve shots, out of approximately fifty, were selected by the jury composed of: the President of SITdA, Mario Losasso, the Editor in Chief of TECHNE Elena Mussinelli, the member of the Board of TECHNE, Francesca Thiébat, the architect and professor, Gianfranco Neri, and the professional photographer and professor, Massimo Vicinanza.

The collective reportage, called "The landscapes of the energy transition", brings together and connects the selected photographs with the theme of issue no. 26 of TECHNE.

When we engage with the landscape, we must confront different cultural readings that are interconnected and layered. These, along with our subjective perceptions, define the viewpoint and scale that each architectural work creates within the environment. The architectural work becomes a new element of the landscape (Schiavonati, 1999).

The same concept can be extended to energy production technologies. From large-scale infrastructure to systems integrated within buildings, technologies become part of the landscape. Technology serves as the "medium" through which a space transforms into a place where the community can identify itself (Dierna, 2007).

The photographs of Federica Conte and Erika Sezzi showing photovoltaic plants located in Argentina (Fig. 1) and Italy (Fig. 2), redefine the natural landscape by artificially integrating with pre-existing elements. Claudio Zanirato highlights the relationship between nature and architecture through images of a pediatric center built on stilts among the trees (Figs. 5, 6). Geothermal energy, integrated photovoltaics, and the use of wood allow technology to blend into the building and seamlessly integrate the building itself into nature.

In contrast, architecture and energy infrastructures that emerge as new forms of landscape are recognizable in the photography by Elena Fontanelle, Federico Versari and Celeste D'Ercoli. The bioclimatic building of a highway service station (Fig. 3), designed for producing and conserving energy, highlights the close relationship between the transportation and construction sectors, which together account for 70% of CO₂ emissions. The dam in Emilia-Romagna (Fig. 4), an infrastructure for electricity production and an integrated artificial basin within the regional water system to mitigate droughts and floods (Vesentini, 2023), reconfigures the landscape with a height of 103 meters. The image of a "mega-photovoltaic canopy", almost a totem of the energy transition, is juxtaposed against the background of the Mediterranean Sea and the horizon (Fig. 11).

Finally, some photographs represent spontaneous constructions, resulting from the adaptation of the local community to the current emergency, which, confronting various contexts from rural to urban, attempt to respond to the challenge of the energy transition while signaling the beginning of a cultural and social transition. Maicol Negrello showcases the essentiality of rural structures in Biella (Figs. 7, 8, 9) protected by lightweight and elegant photovoltaic covers that minimize the consumption of new land. Nicolò Fenu depicts a typical urban landscape of Italian coastal areas (Fig. 10), where the transition is still pending and "visible" in unfinished works (e.g., the canopy without photovoltaics). The photograph by Ilaria Montella (Fig. 12) critically brings back the theme of the Call, highlighting the risks of a transition without architecture, landscape, and community.

01 |



01 | Federica Conte. Interruzioni, 2023. Nel deserto argentino, tra El Penon e San Antonio de los Cobres, il paesaggio viene interrotto dagli scuri filari dei pannelli solari, nascosti dalle vecchie costruzioni in "ladrillos de adobe". Provincia di Salta, Argentina

Federica Conte. Interruptions, 2023. In the middle of the Argentinean desert the landscape is interrupted by the dark layer of the new solar panels. They're hidden from the old houses made by ladrillos de adobe. Salta, Argentina

02 |



02 | Erika Sezzi. Collina blu, 2023. Quadro di interazione tra il paesaggio collinare, l'architettura rurale e il campo fotovoltaico

Erika Sezzi. Blue Hill, 2023. Interaction framework between hilly landscape, rural architecture, and photovoltaic field



| 03

03 | Elena Fontanelle. Nodi autostradali e transizione energetica, 2023. Sonde geotermiche, tetto captante, raccolta dell'acqua piovana: verso forme di sostenibilità ambientale attraverso l'architettura nell'area di servizio Villoresti Est, Autostrada dei Laghi A8 (Arch. Giulio Ceppi, 2012)
Elena Fontanelle. Motorway and energy transition, 2023. Geothermal probes, sun collector roof, rainwater harvesting: towards forms of environmental sustainability through architecture in Villoresti Est service area, A8 motorway (arch. Giulio Ceppi, 2012)



| 04

04 | Federico Versari. Oro blu, 2023. Nella foto è ripresa dall'alto la strada che passa sopra al grande arco della Diga di Ridracoli; da lì si ammira il grande tesoro custodito dal gigante grigio: l'acqua
Federico Versari. Blue gold, 2023. The photo shows the road that passes over the great arch of the Ridracoli Dam from above; from there you can admire the great treasure guarded by the concrete titan: the water



05 | Claudio Zanirato. La casa sospesa, 2023. Hospice Pediatrico progettato a Bologna da RPBW. Si solleva (sollievo) sui pilotis di 8 metri e mette in diretta connessione lo sguardo dei pazienti con le chiome degli alberi: così i pannelli FV non sono raggiunti dalle ombre del bosco creato attorno
Claudio Zanirato. The suspended house, 2023. Pediatric Hospice in Bologna designed by RPBW. It rises (relief) on the 8-metre stilts and puts the patients' gaze in direct connection with the crowns of the trees: thus the PV panels are not reached by the shadows of the wood created around them

06 | Claudio Zanirato. Come un albero, 2023. Hospice Pediatrico progettato a Bologna da RPBW. Quattro edifici di 4.500 m² hanno i tetti completamente occupati da cellule fotovoltaiche e 70 sonde entrano nel terreno: così l'architettura funziona come un albero per il suo fabbisogno energetico

Claudio Zanirato. Like a tree, 2023. Pediatric Hospice in Bologna designed by RPBW. The roof of four 4.500m²-buildings have been completely covered by photovoltaic cells and 70 probes enter the ground: hence the architecture works like a tree for its energy needs

07 | Maicol Negrello. Energia rurale, 2023. Coperture fotovoltaiche diventano le nuove forme architettoniche della ruralità, sostituendosi alle tradizionali strutture delle cascine, dei fienili e del mondo contadino della pianura padana

Maicol Negrello. Rural energy, 2023. Rephotovoltaic roofs become the new architectural forms of rurality, replacing the traditional structures of farmsteads, barns and the rural world of the Po Valley



08 |



08| Maicol Negrello. Stalle 2.0 per la neutralità climatica
Maicol Negrello. Production shelter. Stables 2.0 for climate neutrality. 2023

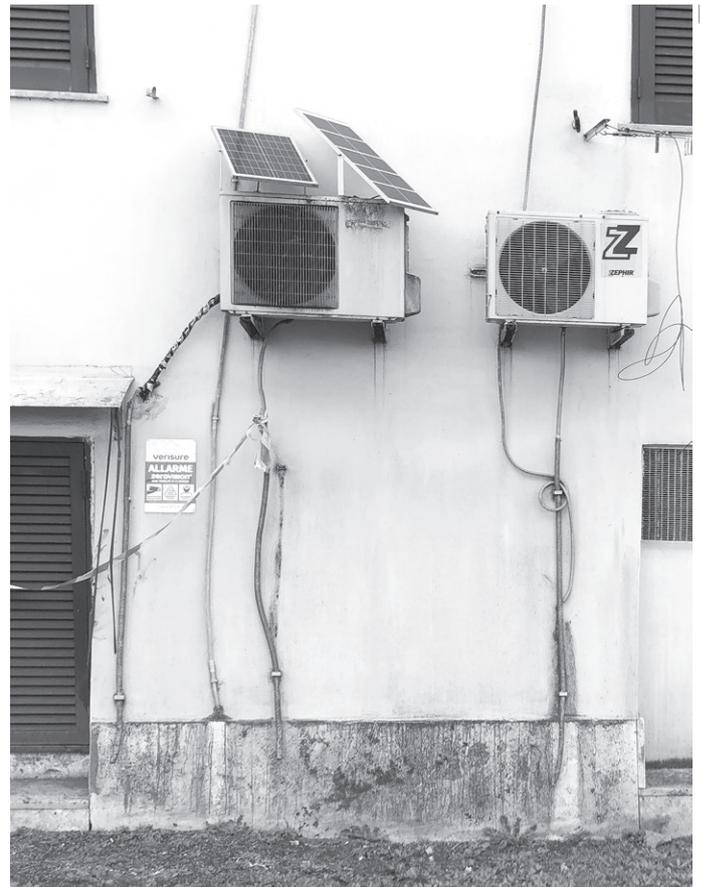
| 09



09| Maicol Negrello. Rural High tech 2023. Le architetture tipiche del mondo agricolo, immerse nell'ambiente agricolo e naturale, sperimentano l'integrazione tecnologica per una nuova forma di produttività
Maicol Negrello. The typical architectures of the agricultural world, immersed in the agricultural and natural environment, with technological integration for a new form of productivity



- 10 | Nicolò Fenu. *Transizioni in attesa*, 2023. Piccoli segni di transizione caratterizzano il nostro paesaggio urbano, spesso lasciandolo incompiuto e in attesa
Nicolò Fenu. Pending transfers, 2023. Small signs of transition characterize our urban landscape, often leaving it unfinished and pending
- 11 | Celeste D'Ercole. *Va dove ti porta il sole*, 2023. Pergola solar; Barcellona 2022. Possono dei pannelli fotovoltaici diventare dei landmark per il territorio? Evidentemente sì e il loro fascino dura negli anni
Celeste D'Ercole. Go with the sun, 2023. Pergola solar, Barcelona 2022. Can photovoltaic panels become landmarks for the territory? Evidently yes and their charm lasts over the years
- 12 | Ilaria Montella. *Le Transizioni Gemelle*. Quarticciolo a Roma. Installazione di pannelli fotovoltaici a supporto del consumo energetico di sistemi di condizionamento dell'aria. Viale Palmiro Togliatti, quartiere Quarticciolo, Roma. Piano stradale
Ilaria Montella. The Twin Transition. Quarticciolo in Rome. Installation of photovoltaic panels to support the energy consumption of air conditioning systems. Viale Palmiro Togliatti, Quarticciolo district, Rome. Street level



Immaginazione tecnologica per rimanere entro i limiti planetari. Sette transizioni necessarie

Just Accepted: April 28, 2023 Published: October 31, 2023

SAGGI E PUNTI
DI VISTA/
ESSAYS AND
VIEWPOINT

Massimo Palme, <https://orcid.org/0000-0003-1166-2926>

Universidad Técnica Federico Santa María, Departamento de Arquitectura, Valparaíso, Chile

massimo.palme@usm.cl

Abstract. L'immaginazione tecnologica e i processi di innovazione sono sempre stati alla base della crescita economica e dell'espansione del dominio umano sulle altre specie. E tuttavia, qualcosa sembra essersi inceppato. Possono essere realmente infiniti i salti di sviluppo tecnologico che permettono di "azzerare" il punto di partenza per ricominciare a crescere in forma sostenuta? Oppure stiamo affrontando qualche cosa di diverso, un limite nella stessa stabilità strutturale dell'ecosistema? L'aggravarsi della policrisi – certamente anche energetica – richiederà soluzioni drastiche ma dovrebbe anche permettere, finalmente, il (ri) sorgere di radicali idee di rinnovamento e trasformazione, così come di proposte concrete di organizzazione spaziale associate ai nuovi stili di vita che esse prefigurano.

Parole chiave: Spazio operativo sicuro; Processi critici; Cambiamento climatico; Transizione energetica; Complessità.

I limiti planetari e lo spazio operativo sicuro

Dalla pubblicazione del famoso rapporto sui limiti dello sviluppo (Meadows, 1972), la situazione planetaria non è migliorata, tutt'altro. Se da una parte gli scenari del rapporto Meadows sono stati parzialmente confermati da misure effettuate posteriormente (Turner, 2008; Herrington, 2021), dall'altra si deve purtroppo constatare che alle crisi energetiche degli anni '70 e primi '80, si sono sommate negli ultimi decenni altre crisi, relative al clima, alla disponibilità di acqua dolce e di alimenti, al rapido diffondersi di agenti patogeni pericolosi per la nostra specie. La natura termodinamica dell'economia e la relazione dello sviluppo con i processi biofisici è peraltro sempre più evidente (Georgescu-Roegen, 1971). Oggi, ci sono vari processi ecologici che hanno raggiunto o stanno raggiungendo velocemente valori critici degli indicatori proposti per misurarli. Rockström *et al.* (2017) hanno stimato l'esistenza di almeno nove processi critici per rimanere in ciò che hanno definito uno "spazio operativo sicuro" per

Technological imagination to stay within planetary boundaries. Seven necessary transitions

Abstract. Technological imagination and innovation processes have always been at the basis of economic growth and the expansion of human domination over other species. Nevertheless, something seems to have got stuck. Can the leaps in technological development that make it possible to "reset" the clock to start growing again in a sustained form really be infinite? Or are we facing something different, a limit in the structural stability of the ecosystem itself? The worsening of the polycrisis – certainly also energetic – will require drastic solutions but should also finally allow the (re)emergence of radical ideas of renewal and transformation, as well as concrete proposals for spatial organisation associated with the new lifestyles they prefigure.

Keywords: Safe operating space; Critical processes; Climate change; Energy transition; Complexity.

l'umanità. Quasi tutti questi processi coinvolgono le città e gli edifici, in quanto consumatori/trasformatori di risorse e produttori di organizzazione, o in altre parole in quanto strutture dissipative (Prigogine and Stengers, 1984). Vari autori hanno determinato l'applicabilità del concetto alle città, in modo simile a come si fa per gli esseri viventi e per i sistemi sociali (Gallopín, 2020).

Sostenibilità forte e sostenibilità debole

Un altro punto di inflessione nei dibattiti politici internazionali dell'ultimo quarto di secolo scorso, è stata la pubblicazione del rapporto "Our Common Future" (1982). A partire da quel rapporto si sono sviluppate infatti le grandi direttrici che hanno mosso l'Organizzazione delle Nazioni Unite nel nuovo millennio, attraverso gli Obiettivi del Millennio e poi degli Obiettivi dello Sviluppo Sostenibile. Eppure, il concetto di sostenibilità dello sviluppo è ancora qualcosa di abbastanza effimero, e come tale è stato criticato, a volte anche duramente, da parte di molti intellettuali ambientalisti. Da un punto di vista scientifico, infatti, la proposta di incrocio dei tre assi portanti dello sviluppo (economia, ambiente e società), lascia molto margine per spostare l'attenzione su di uno dei tre fattori, riducendo la portata degli altri due (Fig. 1). Sarebbe questo un uso "debole", e forse anche nocivo, del concetto di sostenibilità, come messo in risalto, per esempio, da Beckerman (1994). Per sostenibilità forte, invece, si intende l'idea di uno sviluppo economico che può darsi solamente dentro una società equitativa ed avanzata, a sua volta possibile grazie a una gestione dell'ambiente che non metta in pericolo le condizioni al contorno dell'ecosistema Terra, ovvero i limiti planetari di cui

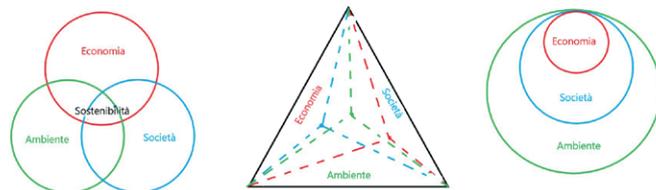
Planetary boundaries and safe operational space

Since the famous report on limits to growth were published (Meadows, 1972), the state of the planet has not improved but is, instead, getting worse. If, on the one side, the scenarios of Meadows report have been partially confirmed by measurements (Turner, 2008; Herrington, 2021), on the other hand we should unfortunately admit that new crises relative to climate, water and food provision, and pathogen agent diffusion that is dangerous for our species must be added to the energy crisis of the '70s and early '80s. Moreover, the thermodynamic nature of the economy and relations between development and biophysical processes is always more evident (Georgescu-Roegen, 1971). Today, there are many ecological processes that have already overpassed or are rapidly overpassing

the critical values of indicators proposed to assess them. Rockström *et al.* (2017) estimated the existence of at least nine critical processes to stay within what they called "a safe operation space for humanity". Almost all those processes relate to buildings and cities, as consumers/transformers of resources and order producers, or in other words, as dissipative structures (Prigogine and Stengers, 1984). Many authors checked the applicability of the concept to cities, consistently with the general practice for living and social systems (Gallopín, 2020).

Strong and weak sustainability

Another turning point in the international political debates of the last quarter of the 20th century was the publication of the report "Our Common Future" (1982). In fact, the great guidelines that moved the United Na-



sopra. In termini più stretti, il concetto debole di sostenibilità si riferisce al capitale naturale e al capitale umano come sostituibili, mentre quello di sostenibilità forte si riferisce ad essi come complementari (Daly, 1995).

Verso un nuovo paesaggio Quando si dice “paesaggio”, nel linguaggio corrente, si pensa la maggior parte delle volte all’aspetto visuale di un certo scenario naturale. Eppure, il concetto di paesaggio in ecologia è qualcosa di molto più complesso che presenta sempre una certa composizione funzionale oltre a una certa configurazione geografica, e può essere definito come «la base su cui i modelli spaziali influenzano i processi ecologici» (Wiens, 2005). Gli ecologi del paesaggio si sono interrogati sui dilemmi posti dal concetto di sostenibilità esposti precedentemente. In particolare, Jianguo Wu ha sviluppato il concetto di paesaggio sostenibile, definito come quello che non mette in pericolo la capacità di sopportare le attività metaboliche che vi hanno luogo. Per ogni paesaggio, sia esso naturale o urbano, c’è quindi una determinata capacità di carico, dal punto di vista ecologico, che fissa il limite entro il quale muoversi. Fuori da quel limite, il paesaggio si degraderà in modo irreversibile. Nelle parole dello stesso Wu: «La sostenibilità del paesaggio è la capacità di un paesaggio di fornire costantemente, nel lungo periodo, servizi ecosistemici specifici del paesaggio essenziali per mantenere e migliorare il benessere umano in un contesto regionale pese a cambiamenti ambientali e socioculturali» (Wu, 2013). Questa definizione è molto importante perché riflette la natura dinamica dei processi sociali e ambientali sul concetto di sostenibilità del paesaggio. L’accento viene quindi posto sui nostri bisogni, anzi sui bisogni ipotetici

delle future generazioni, vincolando la “capacità” del paesaggio non solamente con la fertilità dei terreni, ma anche con la possibilità di fornire servizi ecosistemici elevati, come per esempio, stimolare le attività culturali e spirituali degli esseri umani (Dominati *et al.*, 2010). Assicurare il nostro futuro non è semplicemente effettuare una transizione energetica dai combustibili fossili alle energie rinnovabili. Non si tratta solamente di trovare nuove risorse, ma di qualcosa di molto più profondo.

Le sette transizioni: ben oltre un cambiamento nella matrice energetica

A partire dalla fine degli anni ’80 del secolo scorso, anche il premio Nobel per la fisica Murray Gell-Mann incominciò ad interessarsi alla definizione di scenari sostenibili per il futuro. Egli propose (Gell-Mann, 1993) l’idea di sette transizioni necessarie per il raggiungimento di tale obiettivo: una transizione economica, informatica, demografica, tecnologica, sociale, istituzionale e ideologica. La transizione energetica risulta quindi essere solamente una parte di un processo molto più ampio e complesso di cambiamento. Come sottolineato da Butera (2022), le soluzioni necessarie per assicurare la tenuta dell’ecosistema devono essere integrali e trasversali, considerando molteplici aspetti di questi problemi complessi. Analizziamo con certo dettaglio le sette transizioni. Innanzitutto, la demografia planetaria deve cambiare. Questo sarà probabilmente un processo di autoregolazione dell’ecosistema planetario, senza particolare necessità di specifici interventi da parte della nostra società. Ciò non vuole dire che sarà necessariamente un processo indolore: potrebbe dare origine a oscillazioni di popolazione oppure tendere a stabilizzarsi in maniera soave, come sperano i

tions Organisation in the new millennium have been developed from that report, through the Millennium Goals and then the Sustainable Development Goals. Yet, the concept of sustainable development is still something quite unclear and, as such, it has been criticised, sometimes even harshly, by many environmentalist intellectuals. Indeed, from a scientific point of view, the proposal to cross the three main axes of development (economy, environment and society) leaves much room to shift attention to one of the three factors, reducing the scope of the other two (Fig. 1). This would be a “weak” and perhaps even harmful use of the concept of sustainability, as highlighted, for example, by Beckerman (1994). By strong sustainability, on the other hand, we mean the idea of an economic development that can only occur within an equitable and

advanced society, which is, in turn, possible only thanks to environmental management that does not endanger the surrounding conditions of the Earth’s ecosystem, i. e. the planetary limits mentioned above. In stricter terms, the weak concept of sustainability refers to natural capital and human capital as substitutable, while that of strong sustainability refers to them as complementary (Daly, 1995).

Towards new landscapes

Today, when we speak of “landscape”, most of the time we think of the visual aspect of a certain natural scenario. However, the concept of landscape in ecology is something much more complex, and always has a certain functional composition as well as a certain geographical configuration. It can be defined as «the basis on which spatial patterns influence ecological

processes» (Wiens, 2005). Landscape ecologists have wondered about the dilemmas posed by the concept of sustainability set out above. In particular, Jianguo Wu has developed the concept of sustainable landscape, defined as one that does not endanger the ability to sustain the metabolic activities that take place there. Hence, each landscape, whether natural or urban, has a certain load bearing capacity, from an ecological point of view, which sets the limits within which the system can operate. Outside those limits, the landscape will degrade irreversibly. In Wu’s own words: «Landscape sustainability is the capacity of a landscape to consistently provide long-term, landscape-specific ecosystem services essential for maintaining and improving human well-being in a regional context and despite environmental and sociocultural changes» (Wu, 2013).

This definition is very important because it reflects the dynamic nature of social and environmental processes on the concept of landscape sustainability. The emphasis is, therefore, placed on human needs, on the hypothetical needs of future generations, linking the “capacity” of the landscape not only to cope with the fertility of the land, but also with the possibility of going on providing high ecosystem services, such as, for example, stimulating the cultural and spiritual activities of human beings (Dominati *et al.*, 2010). Securing our future is not so simple as making an energy transition from fossil fuels to renewable energy. It is not just about finding new resources but about something much deeper.

The Seven Transitions: Far Beyond a Shift in the Energy Matrix

Starting from the late 1880s, even the

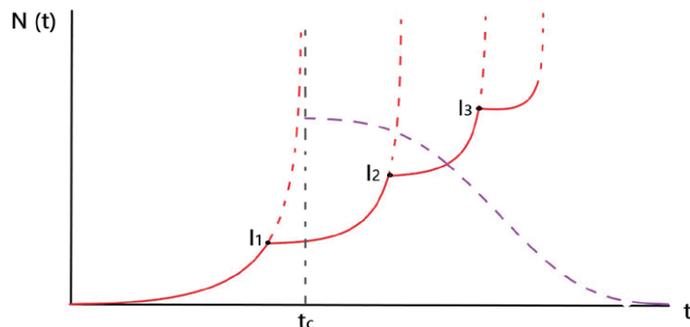
più ottimisti. In ogni caso i dati recenti dimostrano un rallentamento nella crescita di popolazione che farebbe prevedere una stabilizzazione attorno agli 11-12 miliardi di persone verso la fine del secolo. La trasformazione informatica, invece, è già chiaramente in atto. Risulta difficile staccarla da una più generale trasformazione tecnologica. Però va sottolineato che i cambiamenti tecnologici hanno da sempre accompagnato l'umanità nella sua evoluzione, come indicato da Pievani (2021). La trasformazione istituzionale, quella sociale e quella economica, sembrano invece ancora abbastanza lontane, e saranno possibili solamente se ci sarà prima una netta transizione ideologica da parte della maggior parte della popolazione del pianeta, o almeno da parte dei leader più influenti, capaci di gettare le basi per avanzare in modo rapido e concreto verso un futuro completamente differente dallo scenario *business-as-usual*.

Immaginazione tecnologica e stabilità strutturale

Le strutture dissipative hanno varie caratteristiche fondamentali, una delle quali è quella di essere soggette alla crescita come risultato del proprio metabolismo. Ciò non ostante, sembrerebbero esserci delle differenze tra gli esseri viventi, che hanno determinati limiti nel proprio sviluppo (diventando adulti e poi necessariamente invecchiando), e le strutture sociali, che potrebbero invece continuare a crescere in modo indefinito se fossero soggette all'ottenimento di risultati (opportunità economiche, prodotto pro-capite, invenzioni) super-lineari che permettano di ottimizzare l'uso delle risorse facendosi via via di dimensioni maggiori. Sembrerebbe essere questo il caso dei sistemi urbani (Bettencourt *et al.*, 2007), che presentano varie

Nobel prize for physics Murray Gell-Mann began to be interested in defining sustainable scenarios for the future. He proposed (Gell-Mann, 1993) the idea of seven transitions necessary to achieve this goal: an economic, information technology, demographic, technological, social, institutional, and ideological transition. The energy transition, therefore, appears to be only a part of a much broader and complex process of change. As underlined by Butera (2022), the solutions necessary to ensure the stability of the ecosystem must be integral and transversal, considering multiple aspects of these complex problems. We shall analyse the seven transitions in some detail. First, planetary demographics must change. This will probably be a process of self-regulation of the planetary ecosystem with no special need for specific interventions by our society. This

does not mean that it will necessarily be a painless process. It could give rise to fluctuations in the population or tend to stabilise in a gentle way, as hoped by optimists. In any case, recent data show a slowdown in population growth, which would lead to forecast a stabilisation of around 11-12 billion people towards the end of the century. The information transformation is clearly already underway. It is difficult to detach it from a more general technological transformation. However, it should be emphasised that technological changes have always accompanied mankind in its evolution, as indicated by Pievani (2021). Institutional, social and economic transformation, on the other hand, still seem quite distant, and will only be possible if there is first a clear ideological transition by the majority of the planet's population, or at least by the most influential leaders.



correlazioni di carattere super-lineare ed altre di carattere sub-lineare, soprattutto quelle legate alla distribuzione dei servizi (elettricità, pompe di benzina, strade). Ciò che permetterebbe a sistemi di tal genere di svilupparsi più a lungo, o anche indefinitamente, sarebbe la capacità di “azzerare” il punto di partenza della funzione esponenziale che ne descrive il comportamento attraverso l'innovazione (Fig. 2).

A tale proposito, West (2016) descrive come l'innovazione tecnologica sia una necessità per evitare il collasso economico della società urbana. Eppure, il ritmo a cui le innovazioni dovrebbero succedersi l'una all'altra per mantenere la crescita è esso stesso eccessivamente incalzante. Quindi, per sostenere le caratteristiche economiche di super linearità delle città, intese come i luoghi catalizzatori dell'innovazione, ci sarebbe bisogno comunque di “qualcosa” di esponenziale, nella fattispecie la frequenza dell'innovazione stessa. Ciò ci porta a esplorare il meta concetto di “stabilità strutturale”, introdotto da Stuart Kauffman (1993) per spiegare come certi sistemi complessi possano evolvere senza collassare, grazie alla loro “ridondanza” o “robustezza” nei confronti del contesto in cui sono posti. Per continuare a generare ordine, i sistemi complessi vivono lontani dall'equilibrio, mantenuti in essere dai continui flussi energetici che li attraversano. Se però questi stessi flussi cominciano a modificarsi in modo sostanziale, ecco che appaiono delle fluttuazioni termodinamiche, eventi drastici di spostamento del si-

They should throw the foundations to advance quickly and concretely towards a future that is completely different from the business-as-usual scenario.

Technological imagination and structural stability

Dissipative structures have several key characteristics, one of which is that they are subject to growth because of their own metabolism. However, there would seem to be some differences between living beings, which have certain limits in their development (becoming adults and then necessarily ageing), and social structures, which could, instead, continue to grow indefinitely, if they had to achieve super-linear results (economic opportunities, gross product per capita, inventions) to optimise the use of resources, thus gradually becoming larger in size. This would

seem to be the case of urban systems (Bettencourt *et al.*, 2007), which present various super-linear correlations and other sub-linear ones, especially correlated with the distribution of services (electricity, gas stations, roads). What would allow such systems to develop longer, or even indefinitely, would be the ability to “reset” the starting point of the exponential function that describes their behaviour through innovation (Fig. 2).

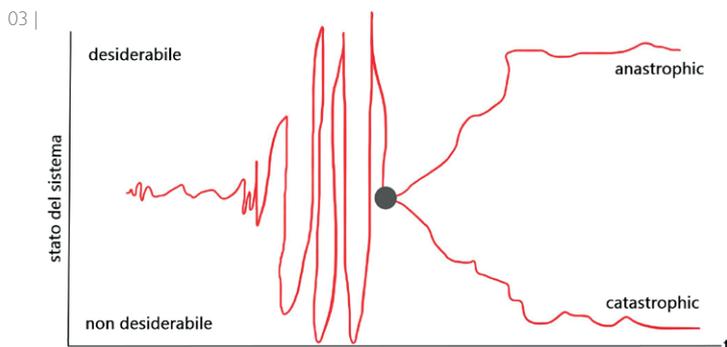
With regard to this issue, West (2016) describes how technological innovation is necessary to avoid the economic collapse of urban society. Yet the pace at which innovations should follow one another to maintain growth is itself excessively fast. Therefore, to support the super-linear economic characteristics of cities, understood as catalyst places for innovation, there would still be a need for “something” exponential, in

stema dai punti di stabilità strutturale, detti anche “attrattori” in cui si trovavano. Quando questo succede, il sistema cade in uno stato di instabilità, che può portare ad una catastrofica alterazione della sua collocazione nell’ambiente e muoverlo verso nuovi possibili attrattori. Se il grado di ridondanza è abbastanza elevato, il sistema può invece riconfigurarsi facilmente attorno allo stesso attrattore. Altrimenti, il processo catastrofico distrugge le caratteristiche precedenti del sistema e lo conduce verso nuove, imprevedibili configurazioni. L’aumento esponenziale del ritmo di innovazione potrebbe causare una riduzione nella ridondanza di cui hanno bisogno i sistemi urbani per gestire l’adattamento ai ritmi incessanti di questa innovazione. Il risultato di una fluttuazione è abbastanza imprevedibile (Fig. 3): può condurre ad uno stato più organizzato ancora (*anastrophic transformation*), oppure ad uno meno organizzato (*catastrophic transformation*). In termini sociali, potrebbe generare scenari futuri sostenibili oppure una nuova barbarie (Gallopín *et al.*, 1997): essere capaci di individuare i segnali precedenti alla transizione potrebbe rivelarsi la chiave di volta per evitare la catastrofe (Scheffer *et al.*, 2012).

Nuove babilonie

Sopravviveranno quindi le città? Seguendo la teoria di Bettencourt e West, non solamente sopravviveranno, ma diventeranno la base per una trasformazione radicale del mondo: il futuro potrebbe finalmente essere una unica, enorme urbanizzazione planetaria. Secondo altri, invece, il proprio metabolismo urbano si deve al consumo intensivo seppure efficiente delle risorse naturali. Le città finiranno per cadere vittima di sé stesse, della propria voracità di risorse di ogni genere. Entram-

Sopravviveranno quindi le città? Seguendo la teoria di Bettencourt e West, non solamente sopravviveranno, ma diventeranno la base per una trasformazione radicale del mondo: il futuro potrebbe finalmente essere una unica, enorme urbanizzazione planetaria. Secondo altri, invece, il proprio metabolismo urbano si deve al consumo intensivo seppure efficiente delle risorse naturali. Le città finiranno per cadere vittima di sé stesse, della propria voracità di risorse di ogni genere. Entram-



this case the frequency of innovation itself. This leads us to explore the meta-concept of “structural stability” introduced by Stuart Kauffman (1993) to explain how certain complex systems can evolve without collapsing towards

the context in which they are placed, thanks to their “redundancy” or “robustness”. To continue generating order, complex systems live far from equilibrium, kept in place by the continuous energy flows that pass through

be queste visioni, in ogni caso, considerano che lo scenario economico *business-as-usual* verrà mantenuto fino alle estreme conseguenze. E se invece ci fossero dei sostanziali cambiamenti nella struttura economica della società? In questo caso, le città potrebbero continuare ad avere un ruolo dialettico con i contesti naturali. Certo, stiamo parlando di città completamente differenti da quelle che conosciamo. Un nuovo modo di vivere, liberando l’umanità dai viziosi circoli della produzione e del consumo, fa prefigurare soluzioni architettoniche e urbane adatte allo svolgimento di attività principalmente ludiche, permettendo l’integrazione tra la natura e la società, o anche il superamento di questa artificiale distinzione. I progetti in essere in alcune città europee, fanno pensare che sia possibile una ridefinizione di ciò che significa “vita urbana”, transitando verso una società sempre più inclusiva, con una maggiore distribuzione tanto della ricchezza come delle responsabilità. Una città diffusa, con servizi organizzati in modo tale da essere punti di riferimento per un territorio relativamente ristretto, usi misti degli edifici, pochi veicoli motorizzati e molte biciclette, spazi pedonali, parchi e luoghi per riunirsi a godere di iniziative culturali, sportive e ludiche. Chiaramente, questo prevede una drastica riduzione dei carichi lavorativi, nuove politiche per le famiglie, e un aumento della diversità anche a spese dell’efficienza, troppo spesso considerata come la virtù massima della transizione, ma in realtà pericoloso parametro responsabile del paradossale effetto di aumento nei consumi (Giampietro and Mayumi, 2018). In realtà, l’efficienza deve sempre essere accompagnata dalla ridondanza che, come si è visto, è la caratteristica soggiacente alla resilienza di un sistema dinamico. Questa ridondanza, in termini pratici, si rivela come diversità di azioni e soluzio-

them. However, if these flows begin to change substantially, thermodynamic fluctuations can appear, drastic events that can move the system far from such points of structural stability, also called “attractors”, in which it is situated. When this happens, the system falls into a state of instability, which can lead to a catastrophic alteration of its location in the environment and move it towards new possible attractors. If the degree of redundancy is high enough, the system can still reconfigure itself around the same attractor. Otherwise, the catastrophic process destroys the previous characteristics of the system and leads it to new unpredictable configurations. The exponential increase in the pace of innovation could cause a reduction in the redundancy that urban systems need to manage adaptation to the relentless pace of this innovation. The result of a fluctuation is

quite unpredictable (Fig. 3). It can lead to an even more organised state (*anastrophic transformation*), or to a less organised one (*catastrophic transformation*). In social terms, it could generate sustainable future scenarios or a new barbarism (Gallopín *et al.*, 1997). Indeed, being able to identify the signals preceding the transition could prove to be the key to avoid the catastrophe (Scheffer *et al.*, 2012).

New Babylonia

So, will cities survive? Following Bettencourt’s theory, they will not only survive, but will become the basis for a radical transformation of the world. The future could, finally, hold a single, huge planetary urbanisation. According to others, the urban metabolism is due to the intensive (yet efficient) consumption of natural resources. Cities will end up falling prey

ni per produrre un simile risultato, ed è nemica dichiarata dell'omogeneizzazione di stili di vita e consumi prodotta dalla globalizzazione. Ricapitolando, le nuove città dovranno esplorare scenari di pianificazione arditi e differenti, privilegiando soluzioni locali, non ripetitive, che si fondino sulla comprensione delle dinamiche di funzionamento specifiche di ogni paesaggio. Dovranno essere aperte, capaci di accogliere cambiamenti di carattere sociale e culturale, adattandosi con facilità a pressioni tanto endogene come esogene. Saranno globali e locali allo stesso tempo. Vengono per forza in mente, quindi, le grandi esplorazioni dell'urbanismo unitario degli anni '60 e '70 realizzate dall'architetto Constant Nieuwenhuys, ideando, prima concettualmente e poi materialmente, delle "nuove babilonie", luoghi dove «la cultura non sarà il risultato di azioni isolate o di situazioni eccezionali, ma di una azione globale, collettiva, di tutta la popolazione mondiale implicandosi in una relazione dinamica con l'ambiente». (Nieuwenhuys, 2009). Mentre il gioco, caratteristica attività del futuro *homo ludens* sarà possibile proprio in quanto abilitata dalla tecnologia, che si convertirà in tal modo in una forza generatrice del proprio contesto urbano.

Conclusione

Come conclusione, possiamo asserire che le pressioni ai confini dell'ecosistema terrestre si stanno facendo sempre maggiori. La scarsità di combustibili fossili è solamente una delle diverse sfaccettature del problema globale che stiamo affrontando. L'epoca geologica definita "Antropocene" (Crutzen and Stormer, 2000) ci costringe ad immaginare soluzioni nuove e rivoluzionarie (Batty, 2018). L'innovazione tecnologica è stata da sempre la forza motrice per eccellenza delle trasformazioni

to themselves, to their own voracity for resources of all kinds. Both these visions, in any case, consider that the business-as-usual economic scenario will be maintained to the extreme consequences. What if there were, instead, substantial changes in the economic structure of society? In this case, cities could continue to play a dialectic role with natural contexts. Of course, we are talking about completely different cities from the ones we know. A new way of living, releasing mankind from the vicious circles of production and consumption, foreshadows architectural and urban solutions adapted to mainly playful activities, allowing the integration between nature and society, or even the overcoming of this artificial distinction. The projects underway in some European cities suggest that a redefinition of what "urban life" means is possible, moving

towards an increasingly inclusive society with a greater distribution of both wealth and responsibilities. A widespread city, with services organised in such a way as to be points of reference for a relatively small area, mixed uses of buildings, few motorised vehicles and many bicycles, pedestrian spaces, parks and places to gather to enjoy cultural, sports and recreational initiatives. Clearly, this foresees a drastic reduction in workloads, new policies for families, and an increase in diversity even at the expense of efficiency, which has too often been considered the greatest virtue of the transition, but is really a dangerous parameter responsible for the paradoxical effect of increase in consumption (Giampietro and Mayumi, 2018). Efficiency must always be accompanied by redundancy, which, as we have seen, is the underlying characteristic of the resilience

sociali ed economiche, come visualizzato ad esempio da Nicolai Kondratieff (1935) attraverso l'analisi delle ondate di crescita e stagnazione economica (Fig. 4).

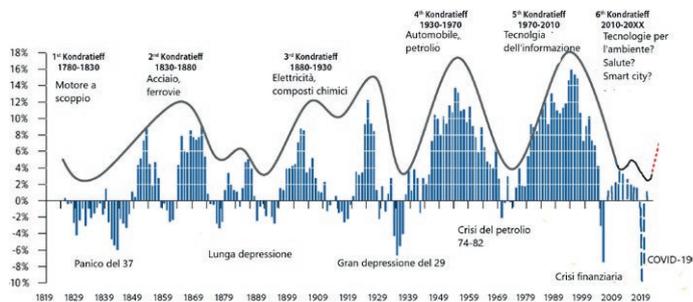
Si è visto tuttavia, che quando le fluttuazioni cominciano ad essere severe (e le ondate economiche analizzate rispecchiano questo comportamento), il sistema entra in una fase a rischio di instabilità. Quindi, bisogna anche contenere l'accelerazione richiesta all'innovazione, per non rischiare di entrare in un circolo vizioso dove innovare per crescere diventi una necessità incessante. Le nuove strutture urbane dovranno permettere anche la decrescita, dovranno abilitarsi anche per l'ozio, dovranno essere pronte anche per una eventuale riduzione drastica della produttività industriale. Quindi ridurre, riutilizzare, riciclare, ma anche redistribuire. Farsi più ospitali. Accogliere la diversità. Pensare al proprio metabolismo come qualcosa di multidirezionale, di dialettico. Come fatto ben vedere proprio da Meadows (2001) e riportato da Wu: «noi non possiamo comprendere, prevedere o controllare completamente i sistemi complessi, ma possiamo figurarceli, disegnarli e danzare con loro» (Wu, 2013).

RINGRAZIAMENTO

Il presente articolo è stato sviluppato nell'ambito della ricerca "Clima urbano y entorno construido", finanziato dal programma FONDECYT-ANID numero 1200275.

REFERENCES

- Batty, M. (2018), *Inventing Future Cities*, MIT Press.
Beckerman, W. (1994), "Sustainable Development: Is it a Useful Concept?", *Environmental Values*, Vol. 3, n. 3, pp. 191-209.



of a dynamic system. This redundancy, in practical terms, reveals itself as a diversity of actions and solutions to produce a similar result, and is a declared enemy of the homogenisation of lifestyles and consumption produced by globalisation. In summary, the new cities will have to explore bold and

different planning scenarios, favouring local, non-repetitive solutions that are based on an understanding of the specific functioning dynamics of each landscape. They will have to be open, capable of welcoming social and cultural changes, adapting easily to both endogenous and exogenous pressure.

- Bettencourt, L., Lobo, J., Helbing, D., Künert, C. and West, G. (2007), "Growth, innovation, scaling, and the pace of life in cities", *PNAS*, Vol. 104, n. 17, pp. 7301-7306.
- Brundtland, G. et al. (1987), *Our Common Future*, Oxford, Oxford University Press.
- Butera, F. (2022), *Affrontare la complessità*, Edizioni Ambiente.
- Crutzen, P. and Stoermer, E. (2000), "The Anthropocene", *Global Change Newsletter*, Vol. 41, pp. 17-18.
- Daly, H.E. (1995), "On Wilfred Beckerman's critique of sustainable development", *Environmental Values*, Vol. 4, pp. 49-55.
- Dominati, E., Patterson, M. and Mackay, A. (2010), "A framework for classifying and quantifying the natural capital and ecosystem services of soils", *Ecol Econ*, Vol. 69, n. 9, pp. 1858-1868.
- Daly, H.E. (1997), "Georgescu-Roegen versus Solow/Stiglitz", *Ecol Econ*, Vol. 22, n. 3, pp. 261-266.
- Forman, R. (2008), "The urban region: natural systems in our place, our nourishment, our home range, our future", *Landscape Ecology*, Vol. 23, n. 3, p. 251-253.
- Gallopín, G. (2020), "Cities, Sustainability, and Complex Dissipative Systems. A Perspective", *Frontiers in Sustainable Cities*, Vol. 2, p. 523491.
- Gallopín, G., Hammond, A., Raskin, P. and Swart, R. (1997), *Branch Points: Global Scenarios and Human Choice*, Report of PoleStar Project, Stockholm Environment Institute.
- Gell-Mann, M. (1993), *The quark and the jaguar. Adventures in the simple and the complex*, New York, Henry Holt and Company, USA.
- Georgescu-Roegen, N. (1971), *The Entropy Law and the Economic Process*, Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts.
- Giampietro, M. and Mayumi, K. (2018), "Unraveling the complexity of the Jevons Paradox: The link between innovation, efficiency, and sustainability", *Frontiers in Energy Research*, Vol. 6, p. 26.
- Herrington, G. (2021), "Update to limits to growth: Comparing the World3 model with empirical data", *Journal of Industrial Ecology*, Vol. 25 n. 3, pp. 614-626.
- Kauffman, S. (1993), *The origins of order: Self Organization and Selection in Evolution*, Oxford University Press.
- Kauffman, S. (1995), *At Home in the Universe: The Search for Laws of Self-organization and Complexity*, Oxford University Press.
- Kondratieff, N.D. (1935), "The long waves in economic life", *Rev Econ Stat.*, Vol. 17, n. 6, pp. 105-115.
- Meadows, D. et al. (1962), *Limits to growth*, UNIVERSE.
- Meadows, D.H. (2001) *Dancing with systems*, Whole earth.
- Nieuwenhuys, C. (2009), *La Nueva Babilonia*, Barcelona
- Pievani, T. (2021), "Human techno-evolution and the future", *TECHNE - Journal of Technology for Architecture and Environment*, Vol. 2, pp. 18-21.
- Prigogine, I. and Stengers, I. (1984), *Order Out of Chaos*, Bantam Ed.
- Rockström, J., Steffen, W. et al. (2009), "Planetary Boundaries: Exploring the Safe Operating Space for Humanity", *Ecology and Society*, Vol. 14, n. 2, p. 32.
- Scheffer, M., Carpenter, S. et al. (2012), "Anticipating Critical Transitions", *Science*, Vol. 338, pp. 344-348.
- Turner, G. M. (2008), "A comparison of The Limits to Growth with 30 years of reality", *Global Environmental Change*, Vol. 18, pp. 397-411.
- West, G. (2017), *Scale: The Universal Laws of Growth, Innovation, Sustainability, and the Pace of Life in Organisms, Cities, Economies, and Companies*, Penguin Press Ed.
- Wiens, J.A. (2005), "Toward a unified landscape ecology", in Wiens, J.A., Moss, M.R. (Eds), *Issues and perspectives in landscape ecology*, Cambridge University Press, Cambridge, pp. 365-373.
- Wu, J. (2013), "Landscape sustainability science: ecosystem services and human well-being in changing landscapes", *Landscape Ecology*, Vol. 28, pp. 999-1023.

They will be global and local at the same time. Hence, the great explorations of unitary urbanism of the 1960s and 1970s carried out by architect Constant Nieuwenhuys come to mind, conceiving, first conceptually and then materially, the "new babylonia", places where: «culture will not be the result of isolated actions or exceptional situations, but of a global, collective action of the entire world population involving itself in a dynamic relationship with the environment» (Nieuwenhuys, 2009). While play, the characteristic activity of the future *homo ludens*, will be possible precisely because it is enabled by technology, which will thus become a generating force of its own urban context.

Conclusion

Concluding, we can say that the pressure on the borders of the terrestrial

ecosystem is increasing. The scarcity of fossil fuels is only one of the many facets of the global problem we are facing. The geological epoch defined as "Anthropocene" (Crutzen and Stoermer, 2000) forces us to imagine new and revolutionary solutions (Batty, 2018). Technological innovation has always been the main driving force of social and economic transformations, as visualised, for example, by Nicolai Kondratieff (1935) through the analysis of waves of economic growth and stagnation (Fig. 4).

However, it has been seen that when fluctuations begin to be severe (and the economic waves analysed reflect this behaviour), the system enters a phase at risk of instability. Therefore, it is also necessary to contain the acceleration required for innovation in order to avoid the risk of entering a vicious circle where innovating to grow becomes

an incessant necessity. The new urban structures must also allow degrowth. They must qualify for idleness, and be ready for a possible drastic reduction in industrial productivity. So, reduce, reuse, recycle, but also redistribute. Be more hospitable. Embrace diversity. Think of your metabolism as something multidirectional, dialectical. As pointed out by Meadows (2001) and reported by Wu: «we cannot fully understand, predict, or control complex systems, but we can envision, design, and dance with them!» (Wu, 2013).

Il design per la transizione energetica tra INTuizione e INTenzione

Just Accepted: April 28, 2023 Published: October 31, 2023

SAGGI E PUNTI
DI VISTA/
ESSAYS AND
VIEWPOINT

Carmelo Leonardi¹, <https://orcid.org/0000-0003-1988-3010>

Davide Crippa¹, <https://orcid.org/0000-0002-4716-7786>

Barbara di Prete², <https://orcid.org/0000-0001-9334-7019>

Paolo Pasteris¹, <https://orcid.org/0000-0001-8238-5618>

¹ Dipartimento di Culture del Progetto, Università IUAV di Venezia, Italia

² Dipartimento di Design, Politecnico di Milano, Italia

cleonardi@iuav.it

davide.crippa@iuav.it

barbara.diprete@polimi.it

ppasteris@iuav.it

Abstract. La transizione energetica rappresenta al contempo una sfida, un'opportunità e un'urgenza del contemporaneo, che deve confrontarsi con una polycrisi (Tooze, 2021) dovuta al contesto geopolitico internazionale, alla necessità di indipendenza energetica, alla sempre più diffusa povertà energetica e alla crisi climatica. Nella prospettiva della sostenibilità il saggio esplora vari approcci design-oriented, invitando a spostare l'attenzione tradizionale (prioritariamente tecnica) dal singolo prodotto a progetti più sistemici (con impatti sociali, comportamentali ed economici decisamente maggiori). L'analisi spazia, dunque, dall'idea ormai radicata di comunità energetica a casi più sperimentali che rivoluzionano il modo in cui si può fruire l'energia, semplicemente facendo di più con meno.

Keywords: Sharing; Green energy; Social energy; Circular economy; Green design.

Introduzione: il background socio-culturale

Per la prima volta dal 1973 (anno di fine del più significativo periodo di crescita economica occidentale dopo la Seconda

Guerra Mondiale), ci troviamo a discutere di povertà energetica: oggi sono ben oltre 9 milioni gli italiani che si trovano in difficoltà (OIPE, 2021). I dati, allarmanti e probabilmente sottodimensionati, devono ancora valutare l'impatto delle attuali "polycrisi" (Tooze, 2021), tra cui lo shock energetico conseguito all'inizio della guerra tra Russia e Ucraina. Circa il 40% del gas naturale che l'Italia riceve proviene, infatti, dai gasdotti russi; il conflitto ha aumentato la necessità di perseguire l'indipendenza energetica, accelerando la ricerca di energie rinnovabili e sostenibili. Si può affermare che i rischi geopolitici per l'approvvigionamento energetico dell'Europa rappresentino il fattore più decisivo verso l'adozione di fonti energetiche alternative; queste sono certamen-

te un'opportunità e una necessità per garantire sicurezza energetica, ma la transizione verso fonti più sostenibili rappresenta anche un passo importante nella lotta al cambiamento climatico e a una seria riduzione delle emissioni di gas serra.

La crisi climatica spinge a riconsiderare l'impatto dei combustibili fossili su ambiente e società. A tal proposito, a luglio 2022 i paesi europei si sono impegnati a ridurre del 15% il consumo di gas naturale entro marzo 2023, attuando misure che hanno già avuto riscontri visibili; a novembre, la domanda di gas è diminuita del 24% rispetto alla media degli ultimi 5 anni (ICIS, 2022). L'Unione Europea ha fissato l'obiettivo di utilizzare il 32% di energie rinnovabili entro il 2030, con sforzi volti a ridurre i consumi, a migliorare l'efficienza energetica dei manufatti edili e dei cicli produttivi, a investire nelle infrastrutture di stoccaggio.

L'Italia, pur avendo un alto potenziale di produzione di rinnovabili grazie all'esposizione al sole e al vento, si trova ancora sotto gli standard desiderati. Dopo un picco nel 2010-2011, durante il quale sono stati installati circa 6 GW di energia fotovoltaica all'anno, le installazioni si sono notevolmente ridotte, attestandosi su 750 MW nel 2019-20 e 936 MW nel 2021. Nel primo semestre del 2022 si è riscontrata un'inevitabile accelerazione, ma questi numeri sono ancora insufficienti per raggiungere gli obiettivi stabiliti: alla velocità attuale taglieremo il traguardo dei 70 GW di potenza aggiuntiva solo tra 124 anni (Legambiente, 2022).

Designing for the energy transition from INTuition to INTention

Abstract. The contemporary need for an energy transition simultaneously poses a challenge, an opportunity and an urgency. We are facing a polycrisis (Tooze, 2021) due to the international geopolitical context, the need for energy independence, increasingly widespread energy poverty, and the climate crisis. From a perspective of sustainability, the essay explores various design-oriented approaches, inviting a shift in traditional (primarily technical) focus from individual products to more systemic designs (with significantly greater social, behavioural, and economic impacts). The analysis thus ranges from the now entrenched idea of the energy community to more experimental cases that revolutionise the way energy can be consumed simply by doing more with less.

Keywords: Sharing; Green energy; Social energy; Circular economy; Green design.

Introduction: the socio-cultural background

For the first time since 1973 (the end of the most significant period of Western economic growth since World War II), we find ourselves discussing energy poverty: there are now well over 9 million Italian citizens in need (OIPE, 2021). The data, alarming and probably underestimated, have yet to assess the impact of current "polycrisis" (Tooze, 2021), including the energy shock experienced at the start of the war between Russia and Ukraine. In fact, about 40% of the natural gas Italy receives comes from Russian pipelines. Indeed, the conflict has increased the need to pursue energy independence, accelerating the search for renewable and sustainable energy. It can be argued that geopolitical risks to Europe's energy supply are the most decisive factor toward the adoption of alterna-

tive energy sources. These are certainly an opportunity and a necessity to ensure energy security, but the transition to more sustainable sources is also an important step in the fight against climate change and in seriously reducing greenhouse gas emissions.

The climate crisis is prompting a reconsideration of the impact of fossil fuels on the environment and society. In this regard, European countries pledged in July 2022 to reduce natural gas consumption by 15 percent by March 2023, implementing measures that have already had visible results; in November, the gas demand dropped by 24% from the average of the past 5 years (ICIS, 2022). The European Union has set a goal of using 32% renewable energy by 2030, with efforts to reduce consumption, improve the energy efficiency of buildings and production cycles, and invest in storage

Verso una transizione sistemica: inquadramento scientifico

L'Earth Overshoot Day è il giorno in cui l'umanità esaurisce il budget annuale di risorse naturali. Per il 2023 la data prevista è il 28 luglio, nel 1997 è stato il 10 ottobre, nel 1975 il 28 novembre, nel 1970 il 23 dicembre (Global Footprint Network). L'attuale consumo di risorse supera ciò che la Terra offre, intaccando le riserve e contrastando l'indirizzo della Commissione Mondiale per l'Ambiente e lo Sviluppo, secondo cui un'economia è sostenibile se permette di soddisfare i bisogni del presente senza compromettere la medesima possibilità per il futuro. Tale condizione determina una sfida emergente su cui aziende, istituzioni e cittadini sono chiamati a interrogarsi come comunità unita. Una prospettiva collaborativa non sembra irrealistica, alla luce del nuovo desiderio di sostenibilità che abbraccia ad ampio spettro l'ambito culturale, ambientale, economico e sociale, formalmente declinato dall'Agenda 2030 delle Nazioni Unite in 17 Obiettivi di Sviluppo Sostenibile integrati e inclusi.

Se policy-makers e attori economico-produttivi devono impegnarsi nell'adozione e nella ricerca di fonti alternative, per contrastare la crisi è necessario ingaggiare anche i singoli cittadini, che devono considerare l'impatto delle proprie abitudini individuali, evitando i comportamenti energivori tipici dell'ambiente domestico. Pertanto, la transizione verso una società più sostenibile richiede un cambiamento radicale di tali comportamenti. Le discipline di progetto possono aiutare, tra intenzionalità e intuizione, a tracciare nuove direzioni di ricerca. Nel testo che segue l'analisi si muove tra queste polarità, tra risposte fondate su un pensiero verticale, logico e razionale, in grado

infrastructure. Despite having a high potential for renewable generation due to its exposure to sun and wind, Italy still falls short of the desired standards. After a peak in 2010-2011 during which about 6 GW of PV energy was installed per year, installations have been significantly reduced, standing at 750 MW in 2019-20 and 936 MW in 2021. There was an inevitable acceleration in the first half of 2022, but these numbers are still insufficient to reach the set targets. At the current rate, we shall cross the 70 GW additional power target only in 124 years (Legambiente, 2022).

Toward a systemic transition: the scientific backdrop

Earth Overshoot Day is the day on which humanity depletes its annual natural resource budget. For 2023 the target date is 28 July. It was 10 October

in 1997, 28 November in 1975, and 23 December in 1970 (Global Footprint Network). Current resource consumption exceeds what the Earth has to offer, eroding reserves and counteracting the World Commission on Environment and Development's guideline that an economy is sustainable if it allows the needs of the present to be met without compromising the same possibility for the future. This condition determines an emerging challenge that companies, institutions and citizens are called to tackle as a united community. A collaborative perspective does not seem unrealistic in light of the new desire for sustainability that broadly embraces the cultural, environmental, economic and social frameworks, formally broken down by the United Nations 2030 Agenda into 17 integrated and inclusive Sustainable Development Goals.

If policy-makers and economic-productive actors must engage in the adoption and search for alternative sources, countering the crisis requires also engaging citizens, who must consider the impact of their individual habits by avoiding the energy-consuming behaviours typical of the domestic environment. Hence, the transition to a more sustainable society requires a radical change in such behaviours. Design disciplines can help to chart new research directions between intention and intuition. The analysis in this paper moves between these polarities, between responses based on vertical, logical and rational thinking, capable of structuring new social, productive and managerial models, and responses based on lateral thinking, capable of unpredictable and disorienting conceptual shifts that, often, open up novel perspectives.

di strutturare nuovi modelli sociali, produttivi e gestionali, e risposte fondate su un pensiero laterale, capace di slittamenti concettuali imprevedibili e spiazzanti che, spesso, aprono prospettive inedite.

Riscoprire la materialità dell'energia

In passato le società erano alimentate da fonti di energia a base organica come il legno, l'acqua e la forza muscolare, finché il passaggio alla produzione industriale basata su carbone, petrolio, gas ed elettricità ha reso l'energia più economica e facile da trasportare (Wrigley, 2016), generando un grande impatto sull'economia e sulla cultura del XIX e XX secolo. Purtroppo, ogni cambio di fonte energetica è stato causa dell'esaurimento della risorsa stessa, tanto che oggi siamo chiamati a un cambio radicale di prospettiva. La comprensione delle transizioni energetiche del passato è essenziale per affrontare la sfida del cambiamento climatico e tratteggiare un futuro post-carbone. Si pensi alla conversione del riscaldamento domestico negli Stati Uniti a metà Ottocento, quando le famiglie benestanti hanno potuto permettersi di ibridare diverse fonti di riscaldamento (camini tradizionali a legna e stufe a carbone antracite), mentre i lavoratori dovevano acquistare il combustibile in piccole quantità e, quindi, a un prezzo più elevato (Jones, 2014).

La diffusione del carbone nel riscaldamento domestico ha indotto la nascita di un sistema di distribuzione complesso, capace di collegare lontane comunità minerarie e centri urbani. Così, la maggior parte dei fruitori non ha mai avuto esperienza diretta dell'energia, in quanto materiale intangibile: le pratiche di produzione – che un tempo costituivano gran parte della tes-

Rediscovering the materiality of energy

In the past, societies were powered by organic-based sources of energy, such as wood, water, and muscle power, until the shift to industrial production based on coal, oil, gas, and electricity made energy cheaper and easier to transport (Wrigley, 2016), generating a great impact on the economy and culture of the 19th and 20th centuries. Unfortunately, each change of energy source has resulted in the depletion of the resource itself to such an extent that today we are called to adopt a radical change of perspective. Understanding the energy transitions of the past is essential to address the challenge of climate change and sketch a post-carbon future. Consider the conversion of home heating in the United States in the mid-nineteenth century, when affluent households could afford to hybridise different heat-

situra sociale, materiale e culturale della vita – sono diventate meno evidenti. Oggi tutti consumiamo elettricità in modo capillare, ma il lavoro necessario per produrla e per trasportarla viene svolto altrove, in luoghi e modi che spesso rimangono sconosciuti: l'energia generata in contesti industriali, al pari di innumerevoli altri beni di consumo propri del capitalismo, viene prodotta, distribuita e consumata su larga scala, rendendola di fatto invisibile ai consumatori.

La transizione verso una società della condivisione, già in corso da alcuni anni, sembra ancora dover trovare una propria affermazione nel settore energetico, considerando che i dati ENEA (2020) indicano come il 40% del consumo energetico europeo sia imputabile alle abitazioni, rendendo la casa un luogo cruciale per il cambiamento.

In questo contesto di transizione il design può fornire soluzioni innovative capaci di incidere sia sui gesti consolidati ma energivori delle persone, sia sulle strategie aziendali votate alla sostenibilità, contribuendo a creare scenari di co-responsabilità e co-produzione, lavorando sulle aspettative e non solo sulle esigenze degli utenti. Per invertire il quadro macroscopico, infatti, è importante investire per diffondere innanzitutto nuovi sistemi valoriali.

Strategie per promuovere una transizione energetica sostenibile

Per promuovere la transizione verso fonti energetiche sostenibili è necessario intervenire sulla consapevolezza indivi-

duale e sulla coscienza collettiva, coinvolgendo tutti i player economico-produttivi e orientando le scelte personali verso la responsabilità sociale. La transizione richiede l'integrazione di

ing sources (traditional wood-burning fireplaces and charcoal anthracite stoves), while workers had to purchase fuel in small quantities and, therefore, at a higher price (Jones, 2014).

The spreading use of coal in domestic heating prompted the emergence of a complex distribution system capable of linking distant mining communities and urban centres. Hence, most users have never had direct experience of energy as intangible material: the practices of its production – which once constituted a large part of the social, material and cultural texture of life – have become less apparent. Today we all consume electricity extensively, but the work involved in producing and transporting it is performed elsewhere, in places and ways that often remain unknown. Energy generated in industrial settings, like countless other consumer goods typical of capitalism, is

produced, distributed and consumed on a large scale, rendering it effectively invisible to consumers. The transition to a sharing society, which has already been underway for a number of years, still seems to have to find its own affirmation in the energy sector, since ENEA data (2020) indicate that 40% of Europe's energy consumption is attributable to homes, making them a crucial element for change.

In this context of transition, design can provide innovative solutions capable of affecting both the established but energy-consuming gestures of people, and corporate strategies devoted to sustainability, helping to create scenarios of co-responsibility and co-production, addressing expectations and not only the needs of users. Indeed, to reverse the macroscopic picture, it is important to first invest in spreading new value systems.

conoscenze provenienti da diverse discipline, tra cui psicologia sociale, antropologia culturale, tecnologia ed economia. Le strategie per promuovere questa transizione includono come asset fondamentali l'educazione e la sensibilizzazione della popolazione, l'implementazione di infrastrutture sostenibili e la creazione di nuove norme sociali e culturali. Tale scenario è inevitabilmente da costruire a più scale, tramite un contributo virtuoso dei singoli e poi delle comunità intere, perché solo una pluralità di azioni consente di aumentare l'intenzione collettiva (per una maggior consapevolezza) e al contempo di aumentare l'intuizione individuale (*driver* fondamentale di ogni processo di innovazione).

Si consideri che, se la transizione energetica rappresenta indubbiamente un tema di grande rilevanza per la società contemporanea, paradossalmente fino ad oggi le discipline di progetto si sono concentrate quasi esclusivamente su aspetti tecnici e tecnologici, trascurando le dimensioni percettive. Si pensi come il focolare acceso possa trasmettere una sensazione di comfort e accoglienza rispetto al riscaldamento elettrico, determinando una percezione ambientale diversa e un rapporto diretto con l'utente. Parimenti, l'aumentata produzione di biogas rinnovabile può avere un impatto negativo sulla vita degli abitanti delle zone rurali a causa del forte odore di liquame (Loughrin *et. al.*, 2022), mentre rispetto all'eolico non mancano le proteste dovute al rumore prodotto dalla rotazione delle turbine (Deshmukh, 2019).

Per far sì che la transizione verso fonti energetiche più sostenibili abbia successo è necessario rimettere in discussione l'affordance delle forme energetiche stesse; ciò significa che bisogna valutarle in funzione delle loro caratteristiche oggettive (di economia e di

Strategies to promote a sustainable energy transition

To promote the transition to sustainable energy sources, it is necessary to intervene in individual awareness and collective consciousness, involving all economic-productive players and orienting personal choices toward social responsibility. The transition requires the integration of knowledge from different disciplines, including social psychology, cultural anthropology, technology and economics. Strategies to promote this transition include education and public awareness, implementation of sustainable infrastructure, and creation of new social and cultural norms as key assets. Such a scenario has to inevitably be built at multiple scales, through a virtuous contribution of individuals and then of whole communities because only multiple actions allow to increase collective in-

attention (for greater awareness) and, at the same time, to increase individual intuition (fundamental driver of any innovative process).

Consider that, while the energy transition is undoubtedly an issue of great relevance to contemporary society, paradoxically until now design disciplines have focused almost exclusively on technical and technological aspects, neglecting perceptual dimensions. Consider how a lit fireplace can convey a greater feeling of comfort and cosiness compared to electric heating, with a different environmental perception and a direct relationship with the user. Likewise, the increased production of biogas can have a negative impact on the lives of rural dwellers due to the strong smell of sewage (Loughrin *et. al.*, 2022), while there is no shortage of complaints with respect to wind power due to the noise produced by the rota-

efficienza), ma anche soggettive, ovvero correlate agli aspetti emotivi-psicologici e alle aspettative delle persone che ne fruiscono, in modo che le fonti rinnovabili possano essere percepite altrettanto confortevoli e soddisfacenti di quelle tradizionali. Un buon esempio in tal senso è rappresentato da Wind Tree (Michaud-Lariviere, 2022), una pala eolica a forma di albero in grado di generare energia per illuminare 15 lampioni grazie a 36 piccole turbine che imitano il movimento delle foglie: simulando la natura e rendendo il progetto integrato nel paesaggio urbano, l'installazione lavora su una nuova dimensione biomimetica, silenziosa e giocosa, quindi anche socialmente sostenibile per i cittadini.

In sintesi, è necessario considerare che le dimensioni sensoriali possono avere un impatto significativo (e persino imprevisto) sul successo della transizione energetica.

L'affermarsi delle Comunità Energetiche rinnovabili come modello collaborativo di democrazia energetica

La conciliazione delle esigenze degli utilizzatori con gli obiettivi della transizione energetica può essere raggiunta attraverso l'adozione di modelli innovativi di condivisione; una forma di sharing che sta riscuotendo sempre maggior diffusione e successo è quella delle comunità energetiche rinnovabili (Bolognesi and Magnaghi, 2020). Il termine descrive un fenomeno in cui cittadini, imprenditori, enti pubblici e organizzazioni private partecipano direttamente alla transizione energetica attraverso il co-investimento, occupandosi di produzione, vendita e distribuzione di energia rinnovabile.

Tale modello di collaborazione (che può differire per dimensione, tecnologia e struttura legale) ha una lunga storia; il progetto

La conciliazione delle esigenze degli utilizzatori con gli obiettivi della transizione energetica può essere raggiunta attraverso l'adozione di modelli innovativi di condivisione; una forma

tion of turbines (Deshmukh, 2019). For the transition to more sustainable energy sources to be successful, it is necessary to question the affordance of the energy forms. This means they need to be evaluated according to their objective characteristics (of economy and efficiency), but also subjective ones, i.e., related to the emotional-psychological needs and expectations of the people who use them, so that renewable sources can be perceived as comfortable and satisfying as traditional ones.

A good example in this regard is Wind Tree (Michaud-Lariviere, 2022), a tree-shaped wind turbine blade capable of generating power to illuminate 15 streetlights thanks to 36 small turbines that mimic the movement of leaves. By simulating nature and integrating the project into the urban landscape, the installation works on a new bio-

mimetic dimension that is silent and playful, thus also socially sustainable for citizens.

In sum, it is necessary to consider that sensory dimensions can have a significant (and even unforeseen) impact on the success of energy transition.

The emergence of Renewable Energy Communities as a collaborative model of energy democracy

User needs can be reconciled with the goals of the energy transition by adopting innovative sharing models. A form of sharing that is becoming increasingly popular and successful is that of Renewable Energy Communities (Bolognesi and Magnaghi, 2020). The term describes a phenomenon in which citizens, entrepreneurs, public bodies and private organisations directly participate in the energy transition through co-investment, dealing



Tvindkraft (Fig. 1), una turbina eolica che è stata costruita e installata nel 1978 da centinaia di persone della comunità danese di Ulfborg, rappresenta una delle sue prime espressioni. Da allora, le comunità energetiche sono cresciute soprattutto

with the production, sale and distribution of renewable energy.

This model of collaboration (which may differ in size, technology and legal structure) has a long-standing history. The Tvindkraft project (Fig. 1), a wind turbine that was built and installed in 1978 by hundreds of people in the Danish community of Ulfborg, is one of its earliest expressions. Since then, energy communities have grown mainly in Denmark, Germany and parts of the United Kingdom (De Santoli, 2021). Regardless of the characteristics of the territory in which they operate, their goal is to increase energy autonomy as much as possible through self-generation of electricity and heat, exploiting different mixes of clean technologies and new networks. They aspire to boost economic development, job creation, energy self-sufficiency and security, community cohesion, and to reduce

greenhouse gas emissions. The challenge is to decentralise by engaging individuals and businesses in the creation of a truly local and autonomous energy system. This is a way of re-establishing the direct relationship between users and production that has been lost over the years, and to encourage the spread of the figure of prosumers (Rifkin, 2014). However, the results will only be truly significant in terms of global impact when cooperation becomes established as a widespread model: the more participation increases, the more widespread and considerable the protection of resources and the environment becomes.

Although hydropower generation was able to meet almost all the Italian electricity needs until 1967 (Cagninei, 2013), a shared and autonomous energy system is urgently needed today, and must enhance the specificities of

in Danimarca, Germania e parti del Regno Unito (De Santoli, 2021). A prescindere dalle caratteristiche del territorio su cui operano, il loro obiettivo è aumentare il più possibile l'autonomia energetica grazie all'autoproduzione di elettricità e calore, sfruttando differenti mix di tecnologie pulite e reti nuove.

Esse ambiscono a incentivare lo sviluppo economico, la creazione di nuovi posti di lavoro, l'autosufficienza e la sicurezza energetica, la coesione della comunità, e a ridurre le emissioni di gas serra. La sfida è quella di decentralizzare, ingaggiando individui e imprese nella creazione di un vero e proprio sistema energetico locale e autonomo. Così si ristabilisce quel rapporto diretto tra gli utilizzatori e la produzione che negli anni si è perso, e si favorisce la diffusione della figura del prosumers (Rifkin, 2014), ma i risultati saranno davvero significativi in termini di impatto globale solo quando la cooperazione si affermerà come modello diffuso: più aumenta la partecipazione, più capillare e considerevole diventa la tutela delle risorse e dell'ambiente.

Sebbene la produzione di energia idroelettrica sia stata in grado di soddisfare la quasi totalità del fabbisogno elettrico nazionale fino al 1967 (Cagninei, 2013), oggi un sistema energetico condiviso e autonomo è urgente e deve valorizzare le specificità delle aree territoriali (differenti, ad esempio, per disponibilità di irraggiamento solare, di sistemi geotermici o di dighe idroelettriche). Un progetto appropriato, che può essere in grado di fornire energia 24 ore su 24 e 7 giorni su 7, dovrebbe inoltre sfruttare i potenziali benefici indotti dalle fonti rinnovabili per favorire processi di innovazione sociale e nuove forme di democrazia (Liberti, 2022) energetica.

Anche la direttiva 2012/944 della Commissione Europea sottolinea l'importanza di promuovere questi modelli partecipativi

local areas (differing, for example, in the availability of solar irradiation, geothermal systems or hydroelectric dams). An appropriate project, which may be able to provide energy 24/7, should also exploit the potential benefits induced by renewables to foster social innovation processes and new forms of energy democracy (Liberti, 2022). The European Commission's Directive 2012/944 also stresses the importance of promoting these bottom-up participatory models by empowering citizens and local communities in energy management. Greater awareness of the use of resources can be promoted by generating a long-term positive impact on both society and the environment.

Off-grid experiments between training, inclusion, and co-responsibility

In addition to the aforementioned

forms of bottom-up energy democracy, other participatory models are noteworthy. Consider off-grid cases, which do not depend on the national power grid. These demonstrate the need for an integrated approach that actively involves communities, acting on education and training, technological innovation and the diffusion of new social and cultural models.

Some emblematic examples clarify the importance and urgency of such an approach. Barefoot College, founded in India in 1972, is an organisation committed to promoting sustainable energy access in rural areas of developing countries. Their strategy is based on educating village women, trained as *ingenious grandmothers*, i.e. made autonomous in the installation and maintenance of solar panels for household use. The women thus educated return to their home communities

dal basso: responsabilizzando i cittadini e le comunità locali nella gestione dell'energia è possibile promuovere una maggiore consapevolezza sull'utilizzo delle risorse, generando così un impatto positivo a lungo termine sulla società e sull'ambiente.

Le sperimentazioni off-grid tra formazione, inclusione e co-responsabilizzazione

Questi dimostrano la necessità di un approccio integrato che coinvolga attivamente le comunità, agendo su educazione e formazione, su innovazione tecnologica e sulla diffusione di nuovi modelli sociali e culturali.

Alcuni esempi emblematici chiariscono l'importanza e l'urgenza di tale approccio. Il Barefoot College, fondato in India nel 1972, è un'organizzazione che si impegna a promuovere l'accesso all'energia sostenibile nelle zone rurali dei paesi in via di sviluppo. La loro strategia si basa sull'educazione delle donne dei villaggi, formate come *ingenious grandmothers*, ovvero rese autonome nell'installazione e manutenzione di pannelli solari ad uso domestico; le donne così istruite tornano nelle loro comunità di origine e diffondono le conoscenze acquisite, promuovendo l'adozione dell'energia solare.

BSP-Nepal (Fig. 2), fondata nel 1997, è un'organizzazione che si occupa di fornire soluzioni energetiche sostenibili alle comunità rurali del Nepal tramite l'installazione di micro-impianti di biogas che sfruttano i rifiuti alimentari e gli scarti di origine animale. Il sistema è stato installato in diversi villaggi mi-

Oltre alle citate forme di democrazia energetica dal basso, altri modelli partecipativi risultano degni di nota. Si pensi ai casi off-grid, che non dipendono dalla rete di distribuzione dell'energia elettrica nazionale.



gliorando significativamente la qualità della vita dei residenti (Manzini, 1998), riducendo la loro dipendenza da carbone e petrolio. Attraverso un programma di formazione in loco per gli operatori dell'impianto, la popolazione può continuare a utilizzarlo e mantenerlo autonomamente. Entrambi i casi dimostrano come istruzione e design impattano positivamente sullo sviluppo sostenibile valorizzando le fonti energetiche rinnovabili e soddisfacendo le esigenze della comunità per migliorarne la qualità della vita.

Il ruolo del design come strumento di mediazione e di innovazione

In questo contesto rapidamente in trasformazione, la visione laterale (De Bono, 1969) del design consente di innovare anche le situazioni più consolidate, integrando fonti di energia rinnovabili su processi di produzione codificati, o ripensando nuovi processi più virtuosi. Il design è inoltre capace di sensibilizzare le persone sul valore dei gesti, rendendo i cittadini più consapevoli e propensi al cambiamento e maggiormente co-responsabili verso un miglioramento condiviso della qualità di vita.

Emblematico è il lavoro del designer Martí Guixé, che nel Lapin Kulta Solar Kitchen Restaurant (Helsinki, 2011) (Fig. 3) invita a riavvicinarsi direttamente alla fonte energetica. Il ristorante utilizza esclusivamente l'energia solare per cucinare, strutturando una fruizione gastronomica che richiede tempo e pazienza da parte del consumatore, rendendo queste due attitudini motore dell'esperienza sociale e ristorativa. Tale scelta appare azzardata e paradossale se inserita nel tempo moderno dell'immediatezza e della rapidità, ma nell'invito a rallentare (e

and spread the knowledge they have gained, promoting the adoption of solar energy.

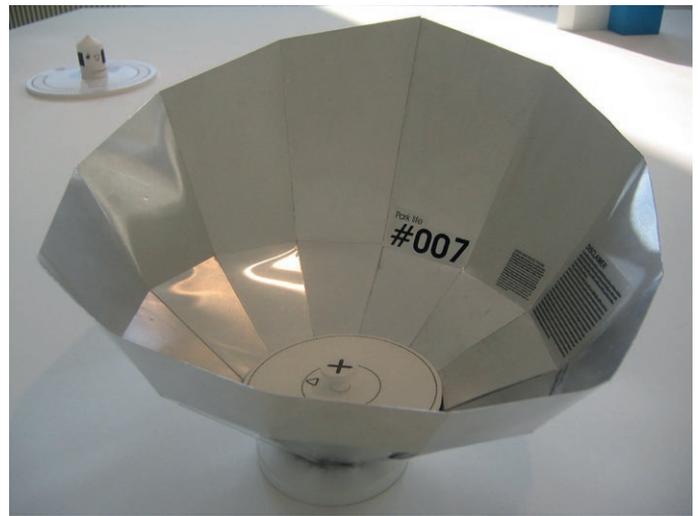
BSP-Nepal (Fig. 2), founded in 1997, is an organisation dedicated to providing sustainable energy solutions to rural communities in Nepal through the installation of micro biogas plants using food and animal waste.

The system has been installed in several villages significantly improving the quality of life of residents (Manzini, 1998) by reducing their dependence on coal and oil. Through an on-site training programme for the operators of the system, the people can continue to use and maintain it independently. Both cases demonstrate how education and design positively impact sustainable development by enhancing renewable energy sources and meeting the needs of the community to improve their quality of life.

The role of design as a tool for mediation and innovation

In this rapidly changing context, the lateral vision (De Bono, 1969) of design allows for innovation in even the most established situations by integrating renewable energy sources on codified production processes, or by rethinking new and more virtuous processes. Design is also capable of raising people's awareness of the value of gestures, making citizens more aware and inclined to change and more co-responsible toward a shared improvement in the quality of life.

The work of designer Martí Guixé is emblematic. He invites people to reconnect directly with the energy source in the Lapin Kulta Solar Kitchen Restaurant (Helsinki, 2011) (Fig. 3). The restaurant uses solar energy exclusively for cooking, structuring a moment of gastronomic enjoyment



aspettare che il sole fornisca l'energia necessaria per cucinare), la Solar Kitchen favorisce una relazione più attenta e consapevole nei confronti della natura (Benyus, 2021) e, in definitiva, dell'energia che utilizziamo: «la capacità di riprogrammazione e di improvvisazione diventano temi fondanti del progetto» (Crespi and Di Prete, 2022), che ci obbliga a confrontarci con dei limiti non necessariamente negativi, sfidando la cultura del consumo imperante. Anche nel ristorante Food Facility di Amsterdam Guixé innova senza aggiungere, in un ristorante privo di cucina in cui è possibile degustare i piatti di tutte le differenti cucine etniche presenti nel quartiere, grazie a un take away B2B. Guixé riesce a razionalizzare il servizio e a moltiplicare l'offerta gastronomica, «sperimentando lo smantellamento delle metriche progettuali più consolidate» (ibid.).

Il ragionamento, pur con differenze di scala e di impatto, non è dissimile da quello proposto da Low-tech Solutions for the Global South, che ha sviluppato un server solare per la generazione di energia elettrica. Anche questo sistema può rivoluzionare la nostra esperienza di utilizzo dei servizi digitali che sono sempre, intrinsecamente, disponibili, perché la performatività del

that requires time and patience on the part of the consumer, making these two attitudes the driving factors of the social and dining experience. Such a choice seems risky and paradoxical when placed in the modern era of immediacy and rapidity, but in the invitation to slow down (and wait for the sun to provide the energy needed to cook), the Solar Kitchen fosters a more attentive and conscious relationship with nature (Benyus, 2021) and, ultimately, with the energy we use: «the capacity for reprogramming and improvisation become foundational themes of the project» (Crespi and Di Prete, 2022), which forces us to face limits that are not necessarily negative, challenging the prevailing culture of consumption. Also in the Food Facility restaurant in Amsterdam, Guixé innovates without adding, in a restaurant without a kitchen where one can taste dishes from

all the different ethnic cuisines in the neighbourhood, thanks to a B2B take-away. Guixé successfully rationalises the service and multiplies the gastronomic offerings, «experimenting with dismantling the most established design metrics» (ibid.).

Despite differences in scale and impact, the rationale is not dissimilar to that proposed by Low-tech Solutions for the Global South, which has developed a solar server for power generation. This system, too, can revolutionise our experience of using digital services that are always inherently available, because the performativity of the solar server depends on both weather conditions and the availability of natural light.

In the same perspective, projects at the domestic scale have also been proposed, which reason about gestures and individual awareness, so as to

server solare dipende dalle condizioni climatiche e dalla disponibilità di luce naturale.

Nella stessa prospettiva sono stati proposti anche progetti alla scala domestica, che ragionano sulla gestualità e sulla consapevolezza individuale, così a voler rimarcare l'importanza del legame tra design, comportamento e capacità di transizione: Unplugged desk di E. Törnberg è un sistema di arredi che facilita una produzione inconsapevole dell'energia, sfruttando i nostri movimenti quotidiani (grazie alla piezoelettricità nel tappeto e all'effetto Seebeck nella sedia). Heat sensitive wallpaper di S. Yuan è una carta da parati con un disegno che "fiorisce" alla presenza di calore, rendendo visibile l'energia emanata dal termosifone; ancora più esplicito è Enel Green Power Interactive Stations, un inedito pannello solare integrato nella finestra composto da uno strato di carta con pigmento fotoreattivo, capace di donare una nuova estetica ai dispositivi tecnici e di rendere palese il nostro atteggiamento eco-friendly.

Pur con soluzioni diverse, tutti questi casi propongono un cambiamento radicale perché intendono sovvertire la nostra modalità di sfruttamento dell'energia, promuovendo il paradigma del fare di più con meno non come scelta di ripiego, ma accogliendo questa sfida all'interno del progetto stesso.

Conclusioni

Per realizzare la transizione energetica il progetto deve adattarsi alla società flessibile, incerta e in cambiamento costante perfettamente descritta da Bauman come modernità liquida (2011). È importante che i progettisti siano consapevoli della fragilità di tale transizione e si concentrino sull'interpretazione dei sistemi energetici come sistemi complessi che cam-

emphasise the importance of the link between design, behaviour and transitional capacity. Unplugged desk by E. Törnberg is a furniture system that facilitates an unconscious production of energy, exploiting our daily movements (thanks to piezoelectricity in the carpet and the Seebeck effect in the chair). Heat sensitive wallpaper by S. Yuan is a wallpaper with a pattern that "blooms" in the presence of heat, making the energy emanating from the radiator visible. even more explicit is Enel Green Power Interactive Stations, a window-integrated solar panel composed of a layer of paper with photoreactive pigment, capable of giving a new aesthetic to technical devices and making our eco-friendly attitude evident. Although with different solutions, all these cases propose a radical change because they intend to subvert our way of utilising energy, promoting the par-

adigm of doing more with less, not as a fall back choice, but welcoming this challenge within the project itself.

Conclusions

To achieve the energy transition, design must adapt to the flexible, uncertain and constantly changing society perfectly described by Bauman as liquid modernity (2011). It is important for designers to be aware of the fragility of this transition and to focus on interpreting energy systems as complex systems that change dynamically, requiring flexibility and an understanding of the limitations of scale and local situation. As expressed by Strauss *et al.* (2013) energy has the ability to influence cultural, social, economic, and technological values at different spatial levels as it transitions from one domain to another. Being aware that energy acts at different spatial levels is of

paramount importance to effectively relate to it in everyday life. Likewise, the realisation that energy influences the social and cultural values of the communities that use it prompts us to take a more holistic and integrated approach to the problem (from the micro to the macro, from the enhancement of local resources to the management of international geopolitical relations). The ecological transition thus requires a revolution of current models, toward scenarios (some of which can already be read) of co-creation, co-production and co-management. Each community must assess resources, address values and build opportunities for a safe, ethical and welcoming future. In this framework, design can (and should) be a strategic tool to create more sustainable worlds, to foster individual and collective education, to build consensus, to raise awareness

biano in modo dinamico, richiedendo flessibilità e comprensione dei limiti di scala e della situazione locale. Come espresso da Strauss *et al.* (2013), l'energia ha la capacità di influenzare i valori culturali, sociali, economici e tecnologici in diversi livelli spaziali, durante il suo passaggio da un dominio all'altro. Essere consci che l'energia agisce a diversi livelli spaziali è di fondamentale importanza per potersi relazionare efficacemente con essa nel quotidiano; parimenti, la consapevolezza che l'energia influenza i valori sociali e culturali delle comunità che ne fanno uso ci spinge ad adottare un approccio più olistico e integrato al problema (dal micro al macro, dalla valorizzazione delle risorse locali alla gestione delle relazioni geopolitiche internazionali). La transizione ecologica richiede dunque una rivoluzione dei modelli attuali, verso scenari (in parte già leggibili) di co-creazione, co-produzione e co-gestione. Ogni comunità deve valutare le risorse, indirizzare i valori e costruire opportunità per un futuro sicuro, etico e accogliente.

In questo quadro il design può (e deve) rappresentare uno strumento strategico per realizzare mondi più sostenibili, per favorire una formazione individuale e un'educazione collettiva, per creare consenso, per sensibilizzare e ingaggiare la cittadinanza, per rendere le pratiche di democrazia partecipativa più inclusive, per immaginare nuove gestualità e per codificare nuovi immaginari, per realizzare prodotti e servizi che incoraggino i consumatori a ridurre i loro consumi energetici e a scegliere fonti di energia green, per sperimentare nuovi materiali e nuove tecnologie a minor impatto ambientale. Al fine di raggiungere tali obiettivi è fondamentale coltivare sia l'intuizione, il pensiero creativo, la soluzione di emergenza che diventa poi norma, sia l'intenzione, che si configura invece come capacità di tradurre

and engage citizenship, to make participatory democracy practices more inclusive, to imagine new gestures and to encode new imaginaries, to make products and services that encourage consumers to reduce their energy consumption and to choose green energy sources, to experiment with new materials and new technologies with lower environmental impact. In order to achieve these goals, it is crucial to cultivate both intuition, creative thinking, the emergency solution that becomes the norm, and intention, which is instead configured as the ability to translate these often extemporaneous ideas into concrete, replicable and scalable actions. Indeed, the step is short from the minute, the personal and the domestic to the global, and what we can improve in our homes-both in terms of people's habits and of performance-will im-

queste idee, spesso estemporanee, in azioni concrete, replicabili e scalabili. Dal minuto, dal personale e dal domestico fino al globale, infatti, il passo è breve, e quanto riusciremo a migliorare nelle nostre abitazioni – sia in termini di abitudini delle persone che in termini di prestazioni – avrà immediatamente ricadute nelle nostre città, nei nostri paesaggi e nelle nostre relazioni, commerciali e politiche, internazionali. Serve, immediatamente, un impegno collettivo e uno sforzo straordinario da parte di tutto il sistema, perché i cambiamenti radicali che stiamo vivendo impongono scelte decise e forti (Fagnoni, 2017) per raggiungere gli obiettivi di una società più sostenibile ed equa.

REFERENCES

- Bauman, Z. (2012), *Modernità liquida*. Gius. Laterza & Figli Spa, Bari.
- Bolognesi, M. and Magnaghi, A. (2020), *Verso le comunità energetiche. Scienze Del Territorio*.
- Brain, T., Nathanson, A. and Piantella, B., (2022), *Solar Protocol: Exploring Energy-Centered Design*, NY, USA.
- De Bono, E. (1969), *Il pensiero laterale*, Rizzoli, Milano.
- De Santoli, L. (2021), *Energia per la gente*. Il futuro di un bene comune, Castelvecchi, Roma.
- Deshmukh, S., Bhattacharya, S., Jain, A. and Paul, A. R. (2019), “Wind turbine noise and its mitigation techniques: A review”, *Energy Procedia*, Vol. 160, pp. 633-640.
- Enea (2020), “Il consumo energetico degli edifici residenziali”. Available at: <https://www.enea.it/it/seguici/pubblicazioni/pdf-volumi/2020/raee-2020.pdf>.
- Fagnoni, R. (2017), “Il potere della scelta/The power of choice”, *Diid. Designo Industriale Industrial Design*, pp. 71-79.
- ICIS (2022), “ICIS-Resources”. Available at: <http://www.icis.com/resources/news/2016/03/30/9983079/spain-to-usher-3-5gw-of-wind-power-into-balancing-market>
- ICRERA (2013), *International Conference on Renewable Energy Research and Applications*.
- Jones, C. (2014), *Roots of energy insecurity: The origins and persistence of our oil addiction*. Oxford University Press, Oxford.
- L. Crespi, B. and Di Prete, M.G. (2022), *Interior and Exhibition*, Corraini, Mantova.
- Legambiente, (2022), *Rapporto Comunità Rinnovabili*.
- Liberti, S. (2022), *Esperimenti di democrazia energetica. Internazionale*.
- Loughrin, J., Silva, P., Lovanh, N. and Sistani, K. (2022), “Acoustic Stimulation of Anaerobic Digestion: Effects on Biogas Production and Wastewater Malodors”, *Environments*, pp. 98-102.
- Manzini, E. (1998), at *O2 Challenge in Rotterdam*.
- OIPE (2021), *Osservatorio Italiano sulla Povertà Energetica*, Mestre. Available at: https://oipeosservatorio.it/wp-content/uploads/2020/12/rapporto2020_v2.pdf.
- Strauss, S. et al. (2013), “Conversation 4 Energy Contested: Culture and Power”, *Cultures of Energy: Power, Practices, Technologies*, Vol. 256.
- Tooze, A. (2021), *Shutdown: how COVID shook the world's economy*, Viking, New York.
- WCED (1987), *Commissione Mondiale per l'Ambiente e lo Sviluppo. Our Common Future*, Oxford University Press, Oxford.
- Wrigley, E.A. (2016), *Energy and the English Industrial Revolution*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Benyus, J.M. (2021), *Biomimicry: innovation inspired by nature*, Harper Perennial, New York. Barefoot College. Available at: <https://www.barefootcollege.org/> (Accessed on 15/01/2023).
- BSP-Nepal. Available at: <https://www.bspnepal.org.np/about.html> (Accessed 18/02/2023).
- Low-tech Solutions. Available at: <https://solar.lowtechmagazine.com/low-tech-solutions.html> (Accessed 30/01/2023).
- mediately have spillover effects in our cities, our landscapes and our relationships, both commercial and political, internationally. What is needed, immediately, is a collective commitment and an extraordinary effort on the part of the whole system, because the radical changes we are experiencing require decisive and strong choices (Fagnoni, 2017) to achieve the goals of a more sustainable and equitable society.

Etica ed estetica dei simboli della transizione. L'architettura del *place attachment*

Just Accepted: April 28, 2023 Published: October 31, 2023

SAGGI E PUNTI
DI VISTA/
ESSAYS AND
VIEWPOINT

Federico Di Cosmo, <https://orcid.org/0000-0001-7107-6254>
Dipartimento di Architettura e Studi Urbani, Politecnico di Milano, Italia

federico.dicosmo@polimi.it

Abstract. È ormai assodato che la transizione ecologica è prima di tutto una transizione culturale. Come ogni cambiamento radicale produce simboli e manufatti difficili da metabolizzare nel momento in cui vengono generati. Non a caso, gli impianti di energia rinnovabile (centrali solari, parchi eolici, fotovoltaici, termovalorizzatori) suscitano apprensioni e diffidenze da parte delle comunità e aprono dibattiti cruciali circa la tutela e l'identità del paesaggio. Il testo propone una visione critica sulla possibilità di abbattere le barriere sociali aprendo all'architettura e all'arte un campo della progettazione finora ad esclusivo dominio dell'ingegneria.

Parole chiave: Icone della Transizione; Impatto Ambientale; *Place Attachment*; *Impianti Low Carbon*; *Nimby*.

Percorrendo la strada 211, nel deserto del Negev, Israele, ci si imbatte in un'immagine spiazzante: un pinnacolo alto 240 m che dalla sommità emana il riflesso di 50.600 eliostati (Fig. 1). Si tratta della "Megalim Solar Thermal Power Station", tra le più grandi torri a concentrazione solare al mondo. Produce 300 GW annui e permette di soddisfare le esigenze di migliaia di abitazioni, senza emettere (o quasi) gas climalteranti. Le istituzioni la celebrano come il simbolo dell'impegno nazionale verso la produzione di energia pulita, alcuni la definiscono «un secondo sole» o «un faro senza mare», in molti ne deplorano l'immagine distopica e il senso disturbante che proietta sul paesaggio (ilPost.it, 2022).

Nulla di nuovo. Apprensioni e diffidenze hanno accompagnato, fin dalla loro comparsa, gli impianti di energia rinnovabile. Negli anni '80 pesanti critiche vennero mosse contro l'installazione di uno dei primi parchi eolici degli Stati Uniti, sul passo di San Gorgonio presso *Palm Spring*, California. Nonostante si trattasse di una zona desertica, già significativamente segnata dalla presenza di linee elettriche e della interstatale I-10, la co-

munità ne denunciava il degrado che avrebbe provocato sul passo montano (Pasqualetti, 2011). Al momento della realizzazione era percepito come un intervento invadente, ma con il tempo è lentamente divenuto parte identitaria del paesaggio, tanto da essere ritratto sullo sfondo di numerose cartoline e promosso addirittura come meta di visite turistiche.

Anche lo sviluppo dell'energia geotermica ha suscitato nel mondo ansie e preoccupazioni, soprattutto perché ha bisogno di maggiori estensioni rispetto ad altre fonti rinnovabili, per le esalazioni acide, la contaminazione delle acque, i problemi di subsidenza del suolo (Pasqualetti, 1980). Non è andata meglio per l'eolico e il fotovoltaico. Benché la società creda fermamente nel loro potenziale di risorsa pulita e illimitata, ne è intimorita dall'impatto che le distese di turbine e pannelli solari hanno sul paesaggio (Pasqualetti, 2011).

Nuove icone, vecchie resistenze

parte della società, ogni passo in avanti della tecnica – dall'invenzione della macchina a vapore a quella del motore a scoppio, dal viaggio in superficie al trasporto aereo, dalle apparecchiature analogiche a quelle digitali – ha scatenato reazioni sociali e fratture ideologiche tra vecchi automatismi culturali e nuovi movimenti di pensiero.

Oggi ci troviamo di fronte al prossimo 'salto', quello della transizione, ma come di consueto non siamo ancora pronti ad affrontarlo. Decenni di ricerca scientifica e campagne di sensibilizzazione non hanno ancora convinto la società che è giunto il momento di intraprenderlo, *hic et nunc* e con tutto il carico di

La storia ci insegna che ogni rivoluzione tecnologica ha incontrato inerzie e resistenze da

Ethics and aesthetics of transition symbols. The architecture of place attachment

Abstract. It is by now well established that the ecological transition is first and foremost a cultural transition. Like any radical change, it produces symbols, which are hard to process at the time they are created. Thus, it is not a coincidence that renewable energy facilities (solar power plants, wind farms, photovoltaic and waste-to-energy plants) generate concern and mistrust among communities and open up crucial debates about the protection and identity of the landscape. The text presents a critical viewpoint on the possibility of breaking down social barriers by opening up a field of design, which has so far been the exclusive domain of engineering to both architecture and art.

Keywords: Icons of Transition; Environmental Impacts; Place Attachment; Low Carbon Plants; Nimby.

Driving along Route 211 in Israel's Negev Desert, one comes across a startling image: a 240 m high pinnacle that emanates, from the top, the reflection of 50,600 heliostats (Fig. 1). This is the "Megalim Solar Thermal Power Station", one of the largest solar-thermal towers in the world. It produces 300 GW a year and meets the needs of thousands of homes, (almost) without emitting climate-altering gases. Institutions celebrate it as a symbol of national commitment to clean energy production, while some ambiguously call it «a second sun», or «a lighthouse without a sea». Many deplore its dystopian appearance and the uneasiness it casts on the landscape (ilPost.it, 2022). This is nothing new. Since their appearance, concerns and distrust have accompanied the development of renewable energy facilities. In the 1980s, heavy criticism was levelled against

the installation of one of the first wind farms in the United States, on the San Gorgonio Pass near Palm Springs, California. Although it was a desert area, already scarred by the presence of power lines and the I-10 interstate, the community denounced the degradation of the mountain pass (Pasqualetti, 2011). At the time of building, the wind farm was perceived as an invasive complex, but over time it has slowly become a landmark, so much so that it has been portrayed in the background of numerous postcards and even promoted as a tourist destination. The development of geothermal energy has also generated anxiety and concerns worldwide. This is mainly linked to the need for greater physical space in order to produce the same quantity of energy, when compared to other renewable sources, as well as the generation of hydrogen sulphide fumes, the



compromessi che esso comporta. Forse, perché finora la diffusione delle rinnovabili è avvenuta senza una sufficiente valutazione degli aspetti sociali, paesaggistici (Lavisio, 2018) e dei fenomeni percettivi (Giallocosta and Picardo, 2014). Forse, perché viviamo in un'epoca di 'disarmante entusiasmo per la natura', la cui esaltazione acritica (Marrone, 2011) tende a stigmatizzare *tout court* l'artefatto e il costruito. Infine, forse, perché gli impianti sono ancora imperniati su regole e figure appartenenti a quelle opere d'ingegneria che tanto hanno contribuito al depauperamento dell'ambiente naturale e, per di più, vengono installati dove sono ben visibili: sulle alture, nelle vaste pianure coltivate, lungo il mare, nelle periferie delle grandi città.

Non a caso diversi studi (Pasqualetti 2011; Schwenkenbecher, 2017; Magnani, 2021) convergono sul fatto che il freno posto alla diffusione delle rinnovabili sia perlopiù di carattere sociale. Infatti, anche se gran parte della comunità sostiene fermamente la propaganda ecologica, solo una piccola porzione ne comprende a pieno gli effetti. Gli attriti e le proteste vengono fuori non appena i nuovi impianti iniziano a produrre trasformazioni visibili sul territorio, poi attecchiscono nel profondo, giacché ogni individuo e organizzazione reagisce secondo le proprie percezioni (Ferrario, 2018) e senza precisi strumenti analitico-culturali.

L'architettura del place attachment

In altre parole, la contestazione locale risulta forte, perfino quando il consenso generale verso politiche *carbon-free* è estremamente alto. Questo suggerisce che l'opposizione della popolazione non è da ricercarsi nell'avversione contro una determinata tipologia di impianto,

contamination of groundwater, and the subsidence caused by the extraction of fluids (Pasqualetti, 1980). Wind and photovoltaic energy productions fared no better. Although society firmly believes in their potential as a clean and unlimited resource, it is daunted by the effects that the stems and solar panels have on the landscape (Pasqualetti, 2011).

New icons, old oppositions

History teaches us that every technological revolution was met with inertia and resistance by society. Every step forward – from the invention of the steam engine to that of the petrol engine, from surface travel to air transport, from analogue to digital equipment – has unleashed social reactions and ideological fractures between old cultural automatisms and new movements of thought.

Today we are facing the next technological 'leap', that of transition but, as usual, we are not yet ready for it. Decades of scientific research and awareness campaigns have not yet convinced society that the time has come to take this leap, *hic et nunc*, with all the compromises it entails. This may be because, so far, the deployment of renewable energy has taken place without a proper evaluation of social and landscape aspects (Lavisio, 2018), or analysis of perceptions (Giallocosta and Picardo, 2014). Or it may be because we live in an era of 'disarming enthusiasm towards nature, whose uncritical exaltation (Marrone, 2011) tends to stigmatise *tout court* the construction of facilities, the artificial and the built. Finally, perhaps, because the facilities are still based on rules and figures belonging to those engineering works that have contributed so much

piuttosto va attribuita alle specifiche del singolo progetto e al fatto che esso viene costruito nelle vicinanze, metaforicamente 'nel giardino' della comunità (Schwenkenbecher, 2017). Anche se il coinvolgimento dei residenti nei processi di *decision-making* e nella ripartizione dei benefici economici ha impatti positivi sul grado di accettazione (Warren and McFadyen, 2010), l'introduzione di invadenti manufatti tecnologici scompagina l'ordine di quelle caratteristiche spaziali, estetiche ed ambientali sulle quali le persone proiettano le loro emozioni, costruiscono legami affettivi e senso di appartenenza. Le cosiddette reazioni NIMBY (*not in my backyard*), seppur differenti di caso in caso, trovano il loro motivo di esistere proprio nel *place attachment*, che costituisce insieme causa e soluzione del conflitto.

L'esperienza del "Manchester Civic Quarter Heat Network", ci insegna che il problema della prossimità può essere trasformato in valore, innescando «un proficuo contrasto estetico e concettuale tra passato e futuro» (Mariutti, 2018). Così la "Tower of light" e il "Wall of Energy" (Fig. 2) hanno reso accettabile l'installazione di una centrale proprio nel cuore della città. I due manufatti sono la parte visibile dell'ambizioso progetto che

to the impoverishment of the natural environment and, what is more, they are placed where they are clearly visible: on the ridges of the mountains, among the agricultural fields, along the shoreline, in the suburbs of big cities. Not surprisingly, several studies (Pasqualetti 2011; Schwenkenbecher, 2017; Magnani, 2021) concur on the notion that social brakes are slowing down the diffusion of renewable energies. In fact, even if a large part of the community strongly supports the ecological propaganda, only a small portion fully understands its effects. Once new plants begin to produce visible transformations on the territory, frictions and protests emerge. Since each individual and organisation reacts according to their own perceptions (Ferrario, 2018) and without precise analytical-cultural tools, these frictions become deeply entrenched.

The architecture of place attachment

In other words, local opposition is strong, even when support towards the implementation of carbon-free policies is extremely high. This suggests that the population's aversion is not addressed to a particular type of power plant, rather it is directed to the specifics of the individual project and, above all, to the fact that they are built nearby, metaphorically 'in the garden' of the community (Schwenkenbecher, 2017). Although involving residents in the decision-making processes or in the economic benefits has positive impacts on the degree of acceptance (Warren and McFadyen, 2010), the introduction of intrusive technological artefacts disrupts the order of those spatial, aesthetic and environmental features onto which people project their emotions, build emotional bonds and sense of attachment. The so-called

02 | La centrale nel cuore di Manchester. Foto di David Valinsky
The Tower of Light and the Wall of Energy in Manchester. By David Valinsky

03 | La centrale 'sculptata' di Greenwich. Foto di Mark Hadden.
The sculptural complex of Greenwich Peninsula Low Carbon Energy Centre. By Mark Hadden

fornisce riscaldamento ed energia elettrica, a basso impatto, ad una rete di edifici pubblici espandibile nel tempo. La torre fumaria si presenta come un'elegante superficie biomimetica dallo spessore di soli 6 mm, il muro come un *separé* urbano, tessuto con 1373 piastrelle smaltate di bianco a forma di conchiglia. La leggerezza dei manufatti e il richiamo alle forme naturali, creano un netto distacco dalla tradizionale estetica industriale, mentre il ricorso a un pattern di superfici concave e convesse riflette e interpreta l'anima eclettica del quartiere, con tutta la sua ricchezza di elementi decorativi. Il bianco contrasta e riflette i colori del cielo, le luci della città e delle auto, armonizzando l'impianto con il variopinto ambiente metropolitano. Un'intelligente soluzione illuminotecnica, al limite del *kitsch*, permette di 'accendere' la torre in occasione di eventi particolarmente sentiti, come il *Pride*, la vittoria di una squadra di calcio o la celebrazione di una festa nazionale, contribuendo a rendere la centrale parte attiva e vibrante della vita cittadina.

Similmente, a Greenwich, Londra, la più vasta rete di teleriscaldamento d'Europa, convive pacificamente con la trasformazione residenziale dell'area, divenendone pian piano simbolo delle politiche *low-carbon*. L'intero complesso si presenta come un sobrio accostamento di volumi puri, che si sostituiscono al 'disordinato' insieme di tralicci, canne fumarie, tubazioni a vista, edifici tecnici. La centrale, progettata dallo storico studio scandinavo C.F. Møller Architects, stimola una visione stereometrica, riconoscibile, decifrabile dall'occhio umano, dunque rassicurante. La torre è alta come un palazzo di 15 piani, fa uso di una volumetria plastica, definita da centinaia di pannelli triangolari perforati. Elegante e raffinata, rompe lo stigma dell'immagine grigia e sgradevole delle infrastrutture energetiche (Fig. 3). La

NIMBY (not in my backyard) reactions, albeit different from case to case, find their reason to exist exactly in the "place attachment", which constitutes both cause and solution of the conflict. The Manchester Civic Quarter Heat Network experience shows how the issue of proximity can be turned into value by triggering "a fruitful aesthetic and conceptual opposition between past and future" (Mariutti, 2018). Thus, the 'Tower of Light' and the 'Wall of Energy' (Fig. 2) made it acceptable to install a combined heat and power plant right in the heart of the city. The two are the visible elements of the ambitious project that provides low impact heating and electricity to a public building's network, which can be expanded over time. The chimney tower appears as an elegant biomimetic steel surface only 6 mm thick, the wall as an 'urban divider' woven with 1373 white

glazed, shell-shaped tiles. The lightness and the nature inspired shapes mark a clear detachment from traditional industrial aesthetics, while the concave and convex surfaces pay homage to the eclectic soul of the district, with all its wealth of Victorian, Flemish, Gothic, Baroque, modern and contemporary elements. White contrasts and reflects the colours of the sky, city lights and moving cars, melting the installation with the colourful cityscape. A clever lighting solution, sometimes bordering on kitsch, 'fires up' the tower at particularly heartfelt events, such as *Pride*, the winning of a football match or the celebration of a national holiday, helping to make the power plant an active and vibrant part of city life. Similarly, in Greenwich, London, Europe's largest district heating network coexists peacefully with the new residential area, becoming a symbol of low



carbon policies of the ongoing urban renovation project. The complex appears as a sober juxtaposition of pure volumes, which replaces the 'cluttered' ensemble of pylons, flues, exposed pipes and technical buildings. The power station, designed by the historic Scandinavian firm C.F. Møller Architects, stimulates a stereometric vision, well recognisable, decipherable by the human eye and, therefore, reassuring. The tower, as tall as a 15-storey building, makes use of a plastic volume defined by hundreds of perforated triangular sheets. Elegant and refined, it breaks the stigma of the grey and unpleasant image of energy infrastructures (Fig. 3).

The collaboration of Conrad Shawcross, a British artist, deeply affected the design, leading to some choice of technical, architectural and plant engineering solutions.

One of them was the decision to move the singular flues away from their respective service rooms, to group them into a single, tall, slender 'plate' to be 'sculpted' as a single monolith.

These two experiences clearly demonstrate that social barriers can be loosened by introducing art and architecture into a design field that has so far been the exclusive domain of engineering. Their success is not so much a matter of shape, positioning or visual mitigation, but something that is difficult to measure using parameters and indicators. It concerns the project's ability to weave a dialectical relationship with the environment, to measure itself against the sense of place, in other words, to interpret those possible technical configurations that society can charge with positive values. The renewed "Amager Bakke", in Copenhagen, owes the reasons for

collaborazione dell'artista britannico Conrad Shawcross ha avuto non poche influenze nella scelta delle soluzioni tecniche, architettoniche ed impiantistiche. Una tra tutte, la decisione di allontanare le canne fumarie dai rispettivi locali di servizio, per raggrupparle in un'unica 'piastra', alta e snella, da scolpire come fosse un monolite.

Le due esperienze inglesi dimostrano che le barriere sociali possono essere sensibilmente indebolite, introducendo l'arte e l'architettura in un campo della progettazione finora ad esclusivo dominio dell'ingegneria. Il loro successo non è tanto legato a questioni di forma, posizionamento o mitigazione visiva, ma a qualcosa di difficilmente misurabile con l'uso di parametri e indicatori. Riguarda la capacità dell'opera di intessere un rapporto dialettico con l'ambiente, di misurarsi con il *sense of place*, in altre parole, di interpretare quelle possibili configurazioni tecniche che la società può caricare di valori positivi. Il famoso "Amager Bakke" di Copenaghen, deve le ragioni del suo successo proprio a questa intuizione. Il progetto di BIG e SLA ha provocato una rivoluzione copernicana nel modo di guardare agli inceneritori, mostrando che esiste un'altra via rispetto all'ostinazione del non volere a tutti i costi un impianto di smaltimento dei rifiuti nel proprio giardino, come accade, ad esempio, da diversi anni a Roma. La 'Collina di Copenaghen' è un progetto paradigmatico perché ha smontato totalmente le resistenze della popolazione, trasformandole in sogno e desiderio. La capitale danese, in un sol colpo, ha risolto il problema dei rifiuti e ha guadagnato una 'montagna' da sfruttare. Sulla quale passare il tempo libero, sciare, arrampicare e fare trekking, perdipiù rimanendo pia di fronte alla causa ecologica. Puro edonismo. La pista in neve sintetica (Fig. 4), posta sulla

its success precisely to this insight. The Bjarke Ingels Group and SLA's design caused a Copernican revolution in the way we look at incinerators. It showed that another way exists, instead of rejection at all costs of a waste-to-power plant in the backyard, as has been the case, for example, for several years in Rome. "CopenHill" is exemplary because it has totally dismantled the people's resistance, turning it into a dream and desire. The Danish capital has, in one fell swoop, solved the waste problem and gained a 'mountain' to exploit, on which to spend leisure time, skiing, climbing and trekking, while remaining pious to the ecological cause. Sheer hedonism. The ski slope (Fig. 4), placed on the roof, opened the door to a whole new way of processing and co-existing with the annoying symbols of the epoch-making change we call "transition". The involvement

of architects and landscape architects made it possible to combine the facility's exceptional engineering character with a recreational interface, which people can enjoy, and it helps to play down the fears of contact with such infrastructures.

Distance and proximity are key factors on which the match of acceptance is frequently played. Especially that of wind and photovoltaic plants, which, «in replacing fossil fuels account for the lion's share» (Butera, 2022). The further away the facilities are, the more the social resistance tends to weaken. So, out of sight, out of mind.

A rule that does not seem to work in the case of the off-shore power plant in Rimini. From the beginning, it has been challenged with NIMBY and NIMTO (Not in My Terms of Office) actions, aimed at taking it as far away as possible from the coast, in the name

copertura dell'inceneritore, ha aperto le porte ad una maniera del tutto nuova di metabolizzare e convivere con i fastidiosi simboli del cambiamento epocale che chiamiamo 'transizione'. Il coinvolgimento di architetti e paesaggisti ha permesso di coniugare l'eccezionale carattere ingegneristico dell'impianto con un'interfaccia ricreativa, versatile, con cui la popolazione può divertirsi e sdrammatizzare i timori del contatto e della prossimità con tali infrastrutture.

Lontananza e vicinanza sono fattori cruciali, sui quali, frequentemente, si gioca la partita dell'accettazione. Soprattutto quella dell'eolico e del fotovoltaico, che «nella sostituzione delle fonti fossili fanno la parte del leone» (Butera, 2022). Più gli impianti sono distanti, più la resistenza sociale tende ad affievolirsi. Dunque: lontani dagli occhi, lontano dal cuore.

Una regola, però, che sembra non funzionare nel caso della centrale *off-shore* di Rimini, da subito contestata con azioni NIMBY e NIMTO (*Not in My Terms of Office*), finalizzate a portarla quanto più distante possibile dalla costa in nome della salvaguardia del bel paesaggio costiero. Come sottolinea Legambiente (2021), la vicenda si appresta a diventare una storia esemplare dei blocchi alle rinnovabili in Italia, anche perché segnerebbe il debutto, su larga scala, di una nuova tecnologia nel panorama energetico nazionale. Molte delle preoccupazioni raccolte dagli *stakeholder* riguardano la navigabilità, la pesca, i disturbi alla fauna, la configurazione delle opere accessorie. Quasi tutte convergono sull'incompatibilità con l'offerta turistico-balneare e sull'impatto negativo che gli aerogeneratori avrebbero sull'orizzonte, comunque da decenni caratterizzato dalla presenza di piattaforme di estrazione. Ma «considerare solo la distanza dalla costa per valutare l'impatto visivo di un impianto eolico è

of safeguarding the beautiful coastal landscape. As Legambiente (2021) points out, the case is set to become an exemplary story of renewable energy block in Italy, not least because it would mark the large scale debut of a new technology on the national energy scene. Many of the concerns raised by stakeholders relate to seaworthiness, fishing, disturbance to local fauna, and the configuration of ancillary works. Almost all of them converge towards the same point: incompatibility with the seaside tourism offer and the negative impact that wind turbines would have on the horizon, which has been, in any case, altered for decades by the presence of petrol platforms. But «considering only the distance from the coast to assess the visual impact of a wind farm is a mistake: placing them far away does not necessarily mean they are less visible. Some cluster-

structured plants make them appear like a wall when viewed from afar», says planner Daniela Moderini (Liva, 2020). The proposed layouts, indeed, take into the account the perspective and work on the overall shape and distances between turbines, according to a geometric pattern of soft and spacious arcs (Fig. 5) fading towards infinity, following the principle of minimal visual occupation.

Unlike what happened in the last century with the exploitation of fossil fuels, things are turning out to be different for engineers and architects. They are constantly called to experiment with innovative solutions to achieve the hard compromise between pragmatism, ethics and aesthetics. In some cases, they are inventing pioneering typologies to «instil the optimism and marvel of modern energy production in built form» (Walsh, 2021).

un errore: non è detto che, se collocato più lontano, sia meno visibile. Certi impianti strutturati a *cluster* fanno sì che, se visti da lontano, appaiano come un muro», afferma la progettista Daniela Moderini (Liva, 2020). I *layout* proposti, invece, lavorano sulla forma complessiva, sulla distanza tra gli aerogeneratori, sulla prospettiva, secondo uno schema geometrico di morbidi e spaziosi archi (Fig. 5), che sfumano verso l'infinito, seguendo il principio dell'occupazione visiva minima.

Differentemente da quanto accaduto nel secolo scorso, per lo sfruttamento delle fonti fossili, ingegneri e architetti sono chiamati costantemente a sperimentare soluzioni innovative, in grado di raggiungere il difficile compromesso tra pragmatismo, etica ed estetica. In alcuni casi inventando tipologie pionieristiche per «instillare l'ottimismo e la meraviglia della moderna produzione di energia in forma costruita» (Walsh, 2021).

Con più di un anno di anticipo dalla 'svolta storica' sul nucleare, annunciata a dicembre 2022 dagli USA, lo studio ALA ha presentato il prototipo della prima centrale a fusione, che a differenza di quelle a fissione genera enormi quantità di energia senza alcun tipo di scarto radioattivo. Un sogno che si appresta a diventare realtà. Le immagini lancio del progetto prendono di petto il tema della paura di ciò che non si conosce. La centrale appare fin da subito sicura e trasparente: il reattore – spauracchio dei peggiori disastri nucleari dell'ultimo mezzo secolo – risiede al centro di una struttura concentrica, in un ambiente luminoso e accessibile. L'edificio a pianta circolare, è aperto verso l'interno (Fig. 7), con un'ampia hall che contiene i macchinari per il confinamento magnetico, e verso l'esterno, con vetrate continue alla ricerca di un rapporto diretto con le verdi campagne dell'Oxfordshire. Scienza e natura sembrano unirsi in un'endiadi. Dal

di fuori, la centrale appare perfettamente inserita nel contesto, parte di un paesaggio energetico che non contempla barriere tra spazi di vita e spazi di produzione (Fig. 6).

Una possibile via d'uscita È evidente che la sostituzione delle fonti fossili e la realizzazione di impianti *low carbon*, non può passare solamente attraverso la valutazione di fattori prestazionali, poiché gli aspetti sociali e culturali hanno un ruolo di primo piano per l'attuazione dei progetti (Laviscio 2018). Va da sé che non possiamo neanche affidarci esclusivamente a soluzioni tecniche, senza mettere in discussione la qualità delle infrastrutture e degli spazi che costruiamo. Lavorare sull'estetica è certamente un primo passo, ma non è sufficiente. Intervenire *ex-post* sulla mitigazione o il camuffamento non risolverebbe la questione, anzi rischierebbe di stigmatizzare l'energia pulita, creando altre barriere.

Bisognerebbe invece ripartire dai fondamentali, lavorare sull'architettura stessa delle opere di ingegneria, ove possibile, scrollandole di dosso quell'immaginario fatto di figure meccaniche, grigie ed isolate. Sperimentare impianti capaci di misurarsi con le specificità del luogo, cercando di sfruttare tutti i gradi di libertà previsti dalle norme tecniche, per conferire ai manufatti caratteristiche uniche. Sia chiaro, non architetture volutamente bizzarre, ma opere 'contestualizzate', congrue all'identità e alla vocazione trasformativa del sito. Certo è una sfida ardua irrompere in un territorio con grandi volumetrie, tonnellate di acciaio, enormi metrature di cellule fotovoltaiche, sbuffi di vapore e non venire additati come intrusi minacciosi. Eppure, questo breve testo dimostra che il progetto può essere





un valido strumento per far leva sull'accettazione sociale. Le esperienze narrate, pur riferendosi a pochi eventi episodici, illustrano tutto il potenziale per iniziare a pensare alle infrastrutture come luoghi e agli impianti come soggetti (ancora) compatibili con i nostri spazi di vita. Sullo sfondo, si intuisce come lavorare sulle relazioni con l'ambiente – dunque dare forma all'architettura del *place attachment* – significhi fornire agli abitanti occasioni per coltivare e rinnovare il proprio legame emozionale con il sito.

More than a year ahead of the 'historic turning point' on nuclear power, announced in December 2022 by the USA, the ALA firm presented the prototype of the first fusion power plant, which, unlike fission ones, can generate huge amounts of energy without any radioactive waste. A dream that is about to come true. The project's launch images tackle the theme of fear of the unknown head-on. The plant instantly appears safe and transparent: the reactor – the bogeyman of the worst nuclear disasters of the last half-century – resides in the centre of a concentric structure, in a bright and accessible environment, both for specialists and visitors. The circular building is open inwards (Fig. 7), with a large hall containing the magnetic confinement machinery, and outwards, with continuous glazing, seeking a direct relationship with the green

Oxfordshire countryside. Science and nature seem to melt in a hendiadys. From the outside, the power station appears perfectly in sync with its surroundings, part of an energy landscape that does not consider barriers between living and production spaces (Fig. 6).

A possible way out

It is clear that the replacement of fossil fuels and the construction of low carbon plants cannot be achieved only by evaluating economic and ecological data, as social and cultural aspects play a leading role in project acceptance (Lavisio 2018). Nor can we rely solely on technical solutions without questioning the quality of the infrastructure and spaces we build. Working on aesthetics is certainly a first step, but it is not enough. Making visual mitigation or camouflage ex-

Tale approccio potrebbe rappresentare il mezzo per trasformare i paesaggi dell'energia secondo una nuova estetica, per catalizzare sui manufatti simboli positivi, per codificare e sperimentare figure e regole formali diverse da quelle che vanno a sostituire, infine educare lo sguardo e la comprensione sui simboli – materiali e immateriali – della transizione.

post would not solve the issue; on the contrary, this would lead to stigmatising clean energy by creating more barriers.

Instead, we should start by re-thinking the fundamentals to address the very architecture of engineering works and, where possible, shaking off the imagery of mechanical, grey and isolated figures. We should experiment with facilities capable of dealing with specific site features. We should try to turn the limits of technical standards into new opportunities to endow the artefacts with unique characteristics. Let us be clear, not deliberately bizarre architecture, but 'contextualised' works, appropriate with the identity and transformative vocation of the site. Of course, it is a challenge to break into a territory with buildings, service roads, tons of steel, huge amounts of photovoltaic cells,

puffs of steam, and not be pointed out as a threatening intruder. Yet, this short paper demonstrates that design can be a valid tool to leverage social acceptance. The case discussed, while referring to a few episodic events, illustrates the potential to start thinking about infrastructures as places and facilities, as subjects (still) compatible with our living spaces. In the background, one can see how working on relationships with the environment – thus shaping the 'architecture of place attachment' – means providing the inhabitants with opportunities to cultivate and renew their emotional bond with the site.

Such an approach could represent the means through which one could transform energy landscapes, getting them to new aesthetics, projecting positive symbols on the new artefacts, codifying and experimenting through fig-

REFERENCES

- Butera, F. M. (2022), “L’evoluzione del paesaggio nella transizione ecologica”, *Rivista Di Storia Delle Idee*, Vol.11, n. 2, pp. 4-10.
- Ferrario, V. (2018), “Il paesaggio come strumento. Il caso delle energie rinnovabili”, *Ri-Vista*, n. 2, pp. 34-51.
- Giallocosta, G., and Picardo, C. (2014), “Integrazione architettonica di tecnologie da fonti rinnovabili: rapporti con i fattori percettivi e orientamenti per linee-guida operative”, *TECHNE*, n. 7, pp. 165-172.
- ilPost.it* (2022), “La torre israeliana che ricorda un po’ l’Occhio di Sauron”, available at: <https://www.ilpost.it/2022/10/12/israele-torre-solare-occhio-di-sauron/> (Accessed on 08/02/2023).
- Laviscio, R. (2018), “Paesaggio ed energie rinnovabili. Il supporto degli Enti territoriali ad una progettazione integrata”, *Ri-Vista*, n. 02, pp. 66-85.
- Legambiente (2021), *Scacco matto alle rinnovabili*, available at: <https://www.legambiente.it/rapporti-e-osservatori/scacco-matto-alle-rinnovabili/> (Accessed on 15/02/2023).
- Liva, G. (2020), “Se il paesaggio marino cambia”, *Radarmagazine.net*.
- Magnani, N. (2021), “Civil Society and Conflicts Over Renewable Energies Beyond the NIMBY Syndrome”, in Magnani, N. and Carrosio G. (Ed.), *Understanding the Energy Transition*, Palgrave Macmillan, Cham, pp. 27-52.
- Mariutti, E. (2018), “Transizione ed estetica: tra storia e innovazione per l’Italia il contrasto è proficuo”, *Qualenergia.it*.
- Marrone, G. (2011), *Addio alla natura*, Einaudi, Torino.
- Pasqualetti, M. (1980), “Geothermal energy and the environment: The global experience”, *Energy*, Vol. 5, n. 2, pp. 111-165.
- Pasqualetti, M. (2011), “Social barriers to renewable energy landscapes”, *Geographical Review*, Vol. 101, n. 2, pp. 201-223.
- Schwenkenbecher, A. (2017), “What is wrong with Nimbys? Renewable energy, landscape impacts and incommensurable values”, *Environmental Values*, Vol. 26, n. 6, pp. 711-732.
- Walsh, N. P. (2021), “The Architect’s Power in Tomorrow’s Energy Infrastructure”, *Architect.Com*, available at: <https://architect.com/features/article/150283576/the-architect-s-power-in-tomorrow-s-energy-infrastructure> (Accessed on 15/02/2023).
- Warren, C. R., and McFadyen, M. (2010), “Does community ownership affect public attitudes to wind energy? A case study from south-west Scotland”, *Land Use Policy*, Vol. 27, n. 2, pp. 204-213.

ures and formal rules that differ from the ones they are to replace. Finally, it could inform the outlook and understanding of the symbols – material and immaterial – of the transition.

Giovanna Franco, <https://orcid.org/0000-0002-2354-2801>

Marta Casanova, <https://orcid.org/0000-0002-5176-7047>

Dipartimento Architettura e Design, Università degli Studi di Genova, Italia

giovanna.franco@unige.it

marta.casanova@unige.it

Abstract. La proposta di decreto del Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica (MASE) incentiva la diffusione di forme di autoconsumo di energia da fonti rinnovabili, tra cui le Comunità Energetiche Rinnovabili (CER). L'articolo propone una mappatura delle CER già attive in Italia e considerazioni sulle principali barriere che, a livello nazionale e internazionale, hanno ostacolato la loro diffusione, soffermandosi sui problemi di compatibilità in aree sottoposte a vincoli di tutela. Richiamando progetti e linee guida per installare fotovoltaico in contesti sensibili, si propone un primo approccio a uno studio di fattibilità per una CER in sito UNESCO quale occasione per un diretto coinvolgimento, tra gli attori dei processi di transizione energetica, del Ministero della Cultura.

Parole chiave: Transizione energetica; Comunità Energetiche Rinnovabili; Patrimonio Culturale; Siti UNESCO; Fonti rinnovabili.

Premessa

Negli ultimi anni molti paesi hanno dato priorità a politiche di transizione verso economie “digitali” e “verdi”, confrontandosi con due tematiche centrali: da una parte, la sicurezza dell'approvvigionamento e l'accessibilità ai prezzi dell'energia, dall'altra, la competitività economica. In questo quadro l'Europa, nell'ambito del *Green Deal*, ha fissato i propri obiettivi per diventare il primo continente *climate neutral*, mirando a una economia priva di emissioni dirette di gas serra, disaccoppiando la crescita economica dall'uso delle risorse, proteggendo il capitale naturale e, allo stesso tempo, la salute e il benessere dei cittadini. Il piano REPowerEU ha ulteriormente rafforzato le ambizioni europee al 2030, definendo l'incremento del *target* di efficienza energetica dal 9% al 13% e del *target* di impiego di fonti rinnovabili dal 40% al 45% e individuando, quali obiettivi essenziali, il risparmio energetico, la diversificazione delle fonti, la graduale indipendenza dai combustibili fossili, l'adozione di investimenti intelligenti. Anche l'Italia, come altri paesi, deve quindi superare la logica

Cultural Heritage and Energy Communities: critical issues and opportunities

Abstract. The proposed decree of the Ministry for the Environment and Energy Security (MASE) encourages spreading self-consumption forms of energy from renewable sources, including Renewable Energy Communities (RECs). The paper proposes a mapping of the CERs already active in Italy, considerations on the main barriers that, at a national and international level, have hindered their diffusion, dwelling on the problems of compatibility in safeguarded and protected areas. Recalling projects and guidelines for installing photovoltaics in sensitive contexts, a first approach for a new CER in a UNESCO site is proposed as an opportunity to directly involve the Ministry of Culture as an actor in the energy transition processes.

Keywords: Energy Transition; Renewable Energy Communities; Cultural Heritage; UNESCO Sites; Renewable Sources.

dell'emergenza dettata dalla pandemia (prima) e dalla contingenza politica (in atto), guardano a orizzonti di lungo periodo, con l'ambizione di procedere verso il cambiamento culturale necessario per accelerare la transizione ecologica e rispettare gli impegni assunti nei confronti della comunità internazionale.

L'articolo intende proporre alcune considerazioni in merito alle potenzialità offerte dalle Comunità Energetiche Rinnovabili, intese come una delle strategie da adottare nel prossimo futuro, a partire da una mappatura degli interventi realizzati in Italia e da una analisi delle fonti bibliografiche, proponendo aperture di ricerca verso quello che è oggi considerato uno dei freni allo sviluppo di modelli di energia di comunità nel nostro paese, ricco di valori ambientali, cioè il dialogo con gli Enti di tutela per installazioni in contesti paesisti e urbani sensibili.

Modelli di configurazione per l'autoconsumo diffuso: le Comunità Energetiche Rinnovabili

La liberalizzazione del mercato energetico, avviata a partire dal 1999, ha aperto la strada verso una profonda ristrutturazione dei settori del gas e dell'elettricità, abolendo il monopolio nazionale e, conseguentemente, favorendo nuove iniziative nel campo della produzione e della fornitura. Proprio la transizione verso sistemi decentralizzati, insieme a politiche di sostegno economico, ha favorito il ricorso a fonti energetiche rinnovabili, con impatti indotti che, a distanza di almeno un decennio, presentano “luci e ombre”. Molti impianti di produzione hanno seguito, infatti, logiche di profitto e di massima efficienza estranee alle potenzialità espresse dai territori, favorendo la grande scala (impianti fotovoltaici a

Introduction

In recent years, many countries have prioritised transition policies towards “digital” and “green” economies, facing two central issues: on the one hand, reliable supplies and affordable energy, and on the other, economic competitiveness. Within this framework, Europe, as part of the Green Deal, has set its sights on becoming the first climate neutral continent, aiming for an economy free of direct greenhouse gas emissions, decoupling economic growth from resource use, protecting natural capital and, at the same time, the health and well-being of citizens.

The REPowerEU plan further refined Europe's ambitions to 2030, defining the increase of the energy efficiency target from 9% to 13%, and of the target for the use of renewable sources from 40% to 45%, also identifying en-

ergy saving, diversification of sources, gradual independence from fossil fuels, and the adoption of smart investments as essential objectives.

Italy too, like other countries, must, therefore, overcome the emergency rationale dictated by the pandemic (before) and the political contingency (now), and look to long-term horizons with the ambition of moving towards the cultural change needed to accelerate the ecological transition and fulfil the commitments made to the international community.

The paper proposes some considerations on the potential offered by Renewable Energy Communities, considered one of the strategies to be adopted in the near future, starting by mapping the interventions carried out in Italy and by performing a critical analysis of the sources. It proposes future research into what

terra costituiti da centinaia o migliaia di pannelli, impianti geotermici ed eolici) e generando pesanti costi ambientali (Gross and Mautz, 2015; Bolognesi and Magnaghi, 2020).

Recenti disposizioni normative (Decreto Legislativo 8 novembre 2022, n. 199), finalizzate alla transizione verso sistemi energetici decentralizzati, lasciano spazio a investimenti su scala ridotta con l'ingresso, nel mercato dell'energia, di nuovi attori come Amministrazioni locali, Piccole e Medie Imprese e cittadini riuniti in forma associativa.

L'autoconsumo di energia è dunque la finalità per la quale si forma una "coalizione" di utenti con l'obiettivo di produrre a prezzi accessibili, consumare e gestire l'energia in forma "decentralizzata". Dal punto di vista giuridico e normativo, la differenza tra gruppi di auto-consumatori (AUC) e Comunità Energetica Rinnovabile (CER) è insita nell'estensione territoriale: mentre, infatti, il primo è limitato a un unico edificio o condominio, la seconda ha un limite territoriale associato alla possibilità di condividere l'energia prodotta. La grande novità introdotta da tale modello, già a partire dal 2011, è che gli utenti di energia possono trasformarsi in *prosumers* (*producers-consumers*) (Coenen and Hoppe, 2021). La Comunità Energetica Rinnovabile rappresenta quindi un modello di coesione comunitaria e di opportunità di sviluppo di pratiche sociali innovative (Moser and Maturi, 2022).

Lo stato dell'arte: ostacoli e freni per lo sviluppo di CER

Tra le principali criticità che costituiscono un freno allo sviluppo di modelli di energia di comunità sono state individuate, dalla letteratura, le seguenti (Brummer, 2018; Coenen and Hoppe, 2021; Tarhan, 2015):

is today considered an obstacle to the development of community energy models in our country, which is rich in environmental values, precisely the dialogue among entities concerning technical installations in sensitive landscapes.

Configuration models for diffuse self-consumption: Renewable Energy Communities

Liberalisation of the energy market, which started in 1999, paved the way for a profound restructuring of the gas and electricity sectors, abolishing national monopolies and, consequently, favouring new initiatives in production and supply. It was precisely the transition to decentralised systems, together with economic support policies, that favoured the use of renewable energy sources, with induced impacts that, at least a decade later,

present "lights and shadows". Indeed, many production plants have followed a rationale of profit and maximum efficiency that is alien to the potential expressed by the territories, favouring large-scale plants (ground-based photovoltaic plants made up of hundreds or thousands of panels, geothermal and wind power plants) and generating heavy environmental costs (Gross and Mautz, 2015; Bolognesi and Magnaghi, 2020).

Recent regulatory provisions (Legislative Decree No. 199 of 8 November 2022) aimed at the transition towards decentralised energy systems facilitate small-scale investments with the entry of new players such as local governments, Small and Medium Enterprises, and citizens gathered in associations in the energy market.

Self-consumption of energy is, therefore, the purpose for which a "coalition"

- la lentezza delle iniziative legate al coinvolgimento, nei processi decisionali, delle comunità locali o degli auto-consumatori;
- la mancanza di accesso alle informazioni relative alle mappe delle reti di distribuzione;
- la difficoltà ad acquisire risorse economiche soprattutto nella fase iniziale;
- la discriminazione delle iniziative di piccola taglia di fronte alle grandi compagnie energetiche;
- la mancanza o l'inadeguatezza del necessario supporto politico e istituzionale;
- un generale scetticismo da parte dei singoli verso l'installazione RES (il cosiddetto movimento NIMBY *not-in-my-backyard*);
- il possibile effetto di "saturazione" sui territori locali.

Alcune di queste barriere saranno superate dopo marzo 2023, mese in cui è entrato in vigore il nuovo "Testo Integrato Autoconsumo Diffuso" TIAD per edifici, condomini e comunità energetiche, che fornisce il quadro delle regole, contiene semplificazioni procedurali e specificazioni tecniche rispetto alla disciplina transitoria vigente dal 2020.

Tuttavia, per la diffusione delle CER non saranno sufficienti gli snellimenti burocratici facilitati dalle evoluzioni normative; significativi ostacoli sono legati alla difficile integrazione tra "pianificazione energetica" e "pianificazione urbanistica".

Anche a livello internazionale molti studi di fattibilità privilegiano di fatto l'ottimizzazione economica dei *prosumers*, riferendosi prevalentemente alla previsione della domanda energetica e alla ottimizzazione del sistema di produzione (Huang *et al.*, 2015; Colombo *et al.*, 2014; Todeschi *et al.*, 2021).

of users is formed with the aim of producing energy at affordable prices, consuming and managing it in a "decentralised" form. From a legal and regulatory point of view, the difference between Self-Consuming Groups (AUC) and Renewable Energy Community (REC) is inherent in the territorial extension. Indeed, while the former is limited to a single building or condominium, the latter has a territorial limit associated with the possibility of sharing the energy produced. The great innovation introduced by this model, as of 2011, is that energy users can turn into *prosumers* (*producers-consumers*) (Coenen and Hoppe, 2021).

The Renewable Energy Community thus represents a model for community cohesion and opportunities for the development of innovative social practices (Moser and Maturi, 2022).

The state of the art: obstacles and brakes for the development of CERs

The following have been identified, from the literature, as the main critical issues hindering the development of community energy models (Brummer, 2018; Coenen and Hoppe, 2021; Tarhan, 2015):

- the slowness of initiatives related to the involvement, in decision-making processes, of local communities or self-consumers;
- the lack of access to information on energy distribution network maps;
- the difficulty in acquiring economic resources especially in the initial phase;
- the discrimination of small-scale initiatives vis-à-vis large energy companies;
- the lack or inadequacy of the necessary political and institutional support;

La ‘corsa’ verso le CER, al contrario, renderà necessario il confronto con forme di ‘autogoverno’ del sistema locale attraverso processi di pianificazione partecipata, affidando al territorio il ruolo di «primo livello della decisione politica» (Bolognesi and Magnaghi, 2020). Questo implicherà, alla scala territoriale e comunale, di procedere con una metodologia integrata che metta a sistema le potenzialità energetiche locali (in termini di capacità di produzione) senza negarne il valore di “bene comune” patrimoniale, bilanciando quindi gli obiettivi di efficienza energetica con i vincoli espressi dal territorio stesso (Brunetta *et al.*, 2021).

Una mappatura delle principali CER in Italia

La mappa delle CER attive e in progetto in Italia aggiornata al gennaio 2023 e il database asso-

ciato, realizzati con il software open source QGIS, sono state redatte a partire dai dati pubblicati nella “EU energy communities map” (European Commission, 2023; Wierling *et al.*, 2023), nel rapporto “Comunità Rinnovabili” di Legambiente (Eroe and Polci, 2022), nella “Community Energy map” (De Vidovich *et al.*, 2021), nella letteratura di settore (De Lotto *et al.*, 2022; Manni and Valzano, 2022; Moser and Maturi, 2022; Todeschi *et al.*, 2021) (Fig. 1).

Sono stati esclusi dalla mappatura gli AUC, le aziende e le cooperative agricole e i progetti presentati entro il 2021 che non hanno avuto, ad oggi, sviluppo, selezionando, dalle cento ottantotto CER di partenza, cinquanta CER attive o in fase di avanzata realizzazione.

Nel database sono state archiviate informazioni generali (nome della CER, sito web, data di fondazione, CER attiva o in pro-

- a general scepticism on the part of individuals towards RES installation (the so-called NIMBY ‘not-in-my-backyard’ movement);
- the possible “saturation” effect on local territories.

Some of these barriers will be overcome after March 2023, the month in which the new “Testo Integrato Autoconsumo Diffuso” TIAD for buildings, condominiums and energy communities came into force, providing the framework of rules. It contains procedural simplifications and technical specifications compared to the transitional rules in force since 2020.

However, bureaucratic streamlining facilitated by regulatory developments will not be sufficient for the deployment of CERs; significant obstacles are related to the difficult integration of “energy planning” and “urban planning”.

Even at the international level, many feasibility studies actually privilege the economic optimisation of prosumers, mainly referring to energy demand forecasting and production system optimisation (Huang *et al.*, 2015; Colombo *et al.*, 2014; Todeschi *et al.*, 2021).

The ‘race’ towards CERs will, instead, make it necessary to compare forms of ‘self-government’ of the local system through participatory planning processes, entrusting the territory with the role of «first level of political decision-making» (Bolognesi and Magnaghi, 2020). This will imply, at the territorial and municipal scale, proceeding with an integrated methodology that systematises local energy potential (in terms of productive capacity) without denying its value as a patrimonial “common good”, thus balancing energy efficiency objectives with the constraints expressed by the territory itself (Brunetta *et al.*, 2021).

getto), localizzazione (stato, regione, comune, indirizzo, coordinate geografiche), dati sulle fonti rinnovabili (tecnologie, capacità), tipologia di localizzazione dell’impianto (a terra, in copertura, su pensiline ecc.), informazioni sui promotori e sugli intermediari di gestione dell’energia. Sono stati inoltre verificati, attraverso il portale del Ministero della Cultura “Vincoli in Rete” (Ministero della Cultura, 2023), e inseriti dati su vincoli di tutela ambientale, monumentale, paesaggistica, collocazione in centri storici o all’interno di Siti UNESCO.

Complessivamente sono state analizzate in dettaglio cinquanta CER di cui trentanove attive e undici in progetto. Il 90% delle CER analizzate ricorre esclusivamente a impianti fotovoltaici; in trentasei casi i pannelli sono collocati sulle coperture di edifici, piane o a falde, in due casi i pannelli fotovoltaici sono stati installati sulla copertura di pensiline in parcheggi, in due casi sono previsti impianti a terra in zone agricole, solo tre CER prevedono localizzazioni miste (Tab. 1).

La CER di Foiano Val Fortore (BN) è l’unica che ha previsto l’installazione un impianto eolico (499 kW) che integra un impianto fotovoltaico (939,51 kW) e uno idroelettrico (58,40 kW). Nel 70% delle CER analizzate i Comuni sono stati i promotori, mettendo a disposizione impianti fotovoltaici già esistenti e, in alcuni casi, prevedendo l’installazione di nuovi impianti sulle coperture di edifici pubblici. Nella maggior parte dei casi le CER vedono la partecipazione di soggetti pubblici e privati, in soli sette casi l’iniziativa è totalmente privata, mentre in due casi è esclusivamente pubblica.

Tra le trentanove CER per le quali è stato possibile reperire i dati relativi alla capacità degli impianti di produzione energetica il 41% è di piccola taglia (fino a 50kW), il 23% di media (dai

A mapping of the main CERs in Italy

The map of active and planned CERs in Italy updated to January 2023 and the associated database, created with the open source software QGIS, were drawn up from data published in the “EU energy communities map” (European Commission, 2023; Wierling *et al.*, 2023), in the “Renewable Communities” report by Legambiente (Eroe and Polci, 2022), in the “Community Energy map” (De Vidovich *et al.*, 2021), and in the specialised literature (De Lotto *et al.*, 2022; Manni and Valzano, 2022; Moser and Maturi, 2022; Todeschi *et al.*, 2021) (Fig. 1).

AUCs, farms and agricultural cooperatives and projects presented by 2021 that have not been developed to date were excluded from the mapping, selecting, from the 188 initial ERCs, 50 ERCs that are active or in an advanced stage of implementation.

The database stored general information (name of CER, website, date of foundation, active or planned CER), location (state, region, municipality, address, geographical coordinates), data on renewable sources (technologies, capacity), type of plant location (ground, roof, canopy, etc.), information on promoters and energy management intermediaries. The Ministry of Culture’s portal “Vincoli in Rete” (Ministry of Culture, 2023) also checked and entered data on environmental, monumental and landscape protection constraints, location in historical centres or within UNESCO Sites.

A total of 50 CERs were analysed in detail, of which 39 active and 11 planned. Ninety per cent of the CERs analysed make exclusive use of photovoltaic systems; in 36 cases the panels are placed on the roofs of buildings,



either flat or pitched; in 2 cases the photovoltaic panels were installed on the canopies of park areas; in 2 cases ground-mounted systems are planned in agricultural areas, and only 3 CERs envisage mixed locations (Tab. 1). The CER of Foiano Val Fortore (BN) is the only one that envisaged the installation of a wind plant (499 kW) integrating a photovoltaic plant (939.51 kW) and a hydroelectric plant (58.40 kW). In 70% of the CERs analysed, municipalities were the promoters, providing existing photovoltaic systems and, in some cases, planning the installation of new systems on the roofs of public buildings. In most cases the CERs witness the participation of public and private entities; in only 7 cases the initiative is totally private, while in 2 cases it is exclusively public. Among the 39 CERs for which data

was found on the capacity of the energy production plants, 41% are small (up to 50 kW), 23% medium (from 50 kW to 100 kW) and 36% large (with a capacity of over 100 kW). Ten CERs are in historic centres, such as the PAESC CE in Ragusa and ComOn Light in Ferla (SR); another six are located within areas subject to landscape constraints, while photovoltaic plants will be installed on a monumental building in the Quartiere Tannino CE in Sestri Levante (GE). Only in two cases measures were undertaken to mitigate the impact of photovoltaic plants. In the case of the ERC in Ferla, the photovoltaic panels installed on the roof of the Municipal Auditorium are brown, while in the regulation of the ERC in Melpignano (LE), which provided for the installation of photovoltaic systems on public and private buildings in the historic centre, it was

prescribed that they should not be visible from the street. **Compatibility of sites and protection of landscape and environmental values, methodologies of approach** Considering the sensitivity of the Italian contexts, a timely reflection must be conducted on what seems to be, to date, one of the greatest difficulties for the kick-off of CERs, and in the face of which the Ministry of Culture has not yet taken a univocal position. When comparing divergent objectives (energy transition and historical, landscape and environmental protection), a reversal of perspective must be adopted, overcoming the mere quantification of available areas with the a priori exclusion of areas that are not available because they are safeguarded (Gerundo and Marra, 2022). An example is offered by a recent project devel-

oped by the University of Roma Tre, whose authors investigate the relations between spatial organisation and the configuration and sizing of decentralised energy systems, devoting greater attention to issues of place and scale (Marrone and Montella, 2022). Moreover, the topic of the compatibility of solar technologies with architectural and landscape-sensitive sites has also gained advantage following the drafting of the Guidelines for the Energy Efficiency of Cultural Heritage (Ministry of Culture, 2015). Feasibility studies, projects and guidelines have contributed to 'unhinge' a merely technical vision in favour of balancing seemingly distant, if not conflicting, objectives by examining the impacts of new technologies on identifying compatibility criteria (Franco, 2018; Lucchi *et al.*, 2020; De Medici, 2021; Tsoumanis *et al.*, 2021). A different approach can,

Tab. 1 | Selezione delle CER italiane mappate nel database e ricadenti in vincolo paesaggistico, vincolo monumentale o centro storico. Sono stati estratti e riportati in tabella i dati relativi alla tecnologia utilizzata (fotovoltaico PV, eolico W), alla capacità (KW), alla tipologia di vincolo, alla partecipazione pubblico-privata (PPP) o privata (pvt), alle CER attive (A) o in progetto (P) oltre alle coordinate estratte dal GIS con sistema di riferimento EPSG:32632

Selection of Italian CERs mapped in the database and under landscape, monumental or historic constraints. Data are concerning the technology used (PV photovoltaic, W wind), the capacity (KW), the type of constraint, public-private (PPP) or private (pvt) participation, active (A) or planned (P) CERs, as well as the coordinates extracted from the GIS with reference system EPSG:32632 were extracted and reported in the table

Tab. 01 |

	TECHNOLOGY	CAPACITY (KW)	LOCATION	RESTRICTIONS	PUBLIC / PRIVATE PARTICIPATION	ACTIVE / PROJECT	COORDINATES EPSG:32632
CE Rinnovabile e Solidale "Critero" San Nicola da Crissa (VV) Stakeholders	PV	66	roof	historic centre	PPP	A	1134250,734 4304759,981
Amendolara Amendolara (CS) Stakeholders Amendolara Municipality	PV		roof	historic centre	PPP	A	1133858,9 4318104,607
CER San Daniele 1 San Danile del Friuli (UD) Stakeholders Energy Center of the Politecnico di Torino, Comunità Collinare del Friuli	PV	54,4	roof	landscape heritage	PPP	A	809078,741 5118551,379
CE di Ventotene Ventotene (LT) Stakeholders Legia Navale di Ventotene, Ventotene Municipality	PV	300	roof	landscape heritage	PPP	A	873747,852 4525619,972
CE Quartiere Tannino Sestri Levante (GE) Stakeholders Sestri Levante Municipality	PV	29	roof	listed building	PPP	P	532893,707 4902345,869
Monticello Green Hill Monticello Brianza (LC) Stakeholders	PV	10	roof	landscape heritage	pvt	A	524440,183 5061671,26
Henergy City Hall - CER Magliano Alpi Magliano Alpi (CN) Stakeholders Magliano Alpi Municipality, Energy Center of the Politecnico di Torino	PV	40	roof	historic centre	PPP	A	404489,175 4923456,949
CER Nuove Energie Alpi Area Vasta: Valle Maira e Valle Grana (CN) Stakeholders ANCI 22 participating municipalities, Unione Montana della Valle Grana	PV	40	roof	landscape heritage	PPP	A	363140,953 4919761,881
CEVS - CE della Val Susa Susa (TO) Stakeholders Unione Montana Valsusa di Bussoleno, Unione Montana Alta Valle Susa di Oulx				landscape heritage	PPP	P	349946,031 4999930,576
CE Melpignano Melpignano (LE) Stakeholders Melpignano Municipality, Università del Salento, Officine Creative, Cooperativa Comunità Energetica Melpignano	PV	157	roof	historic centre	PPP	A	1155200,087 4580866,067
CE Biddanoa E' Forru Villanovaforru (VS) Stakeholders Villanovaforru Municipality	PV	44	roof	historic centre	PPP	A	488778,839 4386941,956
CE di Borutta Borutta (SS) Stakeholders Borutta Municipality	PV	53	roof	historic centre	PPP	A	492336,834 4393507,429
CE di Berchidda Berchidda (OT) Stakeholders Berchidda Municipality, Sardegna Region, Dipartimento di Ingegneria Elettronica dell'Università di Cagliari	PV	608	roof	historic centre	PPP	P	478520,602 4485928,491
CE di Ussamaranna Ussamaranna (SU) Stakeholders Ussamaranna Municipality	PV	71	roof	historic centre	PPP	A	513993,1 4515029,345
PAESC CE di Ragusa Ragusa (RG) Stakeholders Ragusa Municipality	PV	193	roof	landscape heritage, historic centre	PPP	A	947126,984 4190440,74
ComOn Light Ferla (SR) Stakeholders Ferla Municipality	PV	20	roof	landscape heritage, historic centre	PPP	A	1036002,832 4129990,94
Blue Green Energy Blufi (PA) Stakeholders	PV	65	roof	landscape heritage	PPP	A	1012559,958 4166354,54

therefore, start from the search for potentially usable areas in terms of type of property, environmental and spatial characteristics on which to propose the installation of technologies suitable for the sites themselves, which can be approved by the Protection Authorities.

Conclusions and future research, a proposal for a UNESCO site

A virtuous dialogue for the development of CERs compatible with the preservation, safeguard and value enhancement of our territory must include institutions, businesses, social

50 kW ai 100 kW) e il 36% di grande (con capacità superiore ai 100 kW).

Dieci sono in centri storici, come le CER PAESC CE di Ragusa e ComOn Light di Ferla (SR); altre sei sono localizzate all'interno di aree soggette a vincoli paesaggistici, mentre nella CE Quartiere Tannino a Sestri Levante (GE) gli impianti fotovoltaici saranno installati su un edificio monumentale. Solo in due casi sono state intraprese misure per la mitigazione dell'impatto degli impianti fotovoltaici. Nel caso della CER di Ferla, i pannelli fotovoltaici installati sulla copertura dell'Auditorium Comunale sono di colore marrone, mentre nel regolamento della CER di Melpignano (LE), che ha previsto l'installazione di impianti fotovoltaici su edifici pubblici e privati nel centro storico, è stato prescritto che essi non siano visibili dalla strada.

Compatibilità dei siti e tutela dei valori paesaggistici e ambientali, metodologie di approccio

In considerazione della sensibilità dei contesti italiani, una puntuale riflessione deve essere condotta su quella che sembra costituire, a oggi, una delle maggiori difficoltà per il decollo delle CER e di fronte a cui il Ministero della Cultura non ha ancora assunto una posizione univoca.

Nel confronto tra obiettivi divergenti (transizione energetica e salvaguardia storica, paesistica e ambientale) occorre adottare un rovesciamento di prospettiva, superando la mera quantificazione di aree disponibili con esclusione a priori di aree non disponibili perché soggette a tutela (Gerundo and Marra, 2022). Un esempio è offerto da un recente progetto sviluppato dall'Università di Roma Tre, i cui autori indagano le relazioni tra orga-

partners, research bodies, universities and representatives of the Ministry of Culture. It will thus be possible to perfect growth models, rethink innovative and creative forms of development, which can be combined with historical landscape and environmental constraints that are replicable in contexts characterised by a significant architectural but also agricultural and forestry heritage and, at the same time, overcome cultural taboos, which see environmental protection pitted against renewable technologies (UNESCO, 2021; Foundation for Sustainable Development, 2022; Foster *et al.*, 2020). Such an approach is at the basis of a proposal, currently underway, for a cultural and technical discussion between the Municipality, the Ministry of Culture and the University for the proposal of a future CER in part of the UNESCO Site "Genoa, the Strade

Nuove and the System of the Palazzi dei Rolli", only mentioned here (Fig. 2, Fig. 3, Tab. 2).

The Site includes a set of Renaissance and Baroque palaces along the so-called "Strade Nuove", which represent a hinge between the medieval streets to the south and the contemporary traffic infrastructures to the north.

Via Garibaldi, formerly Strada Nuova and the headquarters of the Genoa City Council (in Palazzo Tursi), witnesses the most extensive concentration of Palazzi, now used as museums (Palazzo Bianco and Palazzo Rosso), headquarters of banks, foundations, offices and residences. These Palazzi could constitute one of the first CERs in a UNESCO site, thanks to the intervention of the public administration, which can make property surfaces available.

At this stage, 21 publicly owned build-

nizzazione spaziale e configurazione e dimensionamento di sistemi energetici decentralizzati, dedicando maggiore attenzione alle questioni di luogo e di scala (Marrone and Montella, 2022). Peraltro, il tema della compatibilità di tecnologie solari con siti sensibili dal punto di vista architettonico e paesaggistico ha avuto un forte impulso anche a seguito della redazione delle Linee di indirizzo per l'efficienza energetica del Patrimonio Culturale (Ministero della Cultura, 2015). Studi di fattibilità, progetti, linee guida hanno contribuito allo 'scardinamento' di una visione meramente tecnicistica a favore del bilanciamento di obiettivi apparentemente lontani, se non addirittura contrastanti, con una disamina degli impatti indotti dalle nuove tecnologie per la definizione di criteri di compatibilità (Franco, 2018; Lucchi *et al.*, 2020; De Medici, 2021; Tsoumanis *et al.*, 2021).

Un diverso approccio può quindi partire dalla ricerca di aree potenzialmente fruibili per tipo di proprietà, caratteri ambientali e spaziali su cui proporre installazione di tecnologie idonee ai siti stessi, e approvabili dagli Enti di tutela.

Conclusioni e aperture di ricerca, una proposta per un sito UNESCO

Un dialogo virtuoso per lo sviluppo di CER compatibili con la salvaguardia, la tutela e la valorizzazione del nostro territorio

deve includere Istituzioni, imprese, parti sociali, Enti di ricerca, Università ed esponenti del Ministero della Cultura. In questo modo si potranno perfezionare modelli di crescita, ri-

pensare a forme di sviluppo innovative e creative, coniugabili con i vincoli storici paesaggistici e ambientali, replicabili in contesti caratterizzati da un significativo patrimonio architettonico ma anche agricolo-boschivo e, allo stesso tempo superare tabù di carattere culturale che vedono la tutela ambientale contrapposta alle tecnologie rinnovabili (UNESCO, 2021; Fondazione per lo Sviluppo Sostenibile, 2022; Foster *et al.*, 2020).

Un simile approccio è alla base di una proposta, in corso, che mira a un confronto culturale e tecnico tra Comune, Ministero della Cultura e Università per la realizzazione di una futura CER in parte del sito UNESCO "Genova, le Strade Nuove e il sistema dei Palazzi dei Rolli", in questa sede solo accennato (Fig. 2, Fig. 3, Tab. 2).

Il Sito include un insieme di palazzi rinascimentali e barocchi lungo le cosiddette "Strade Nuove", che rappresentano una cerniera tra le vie medievali a sud e le strutture di traffico contemporanee a nord. Via Garibaldi, già Strada Nuova e sede del Comune di Genova (in Palazzo Tursi), vede la più capillare concentrazione di Palazzi, oggi in uso come musei (Palazzo Bianco e Palazzo Rosso), sedi di banche, fondazioni, uffici e residenze. I suoi Palazzi potrebbero costituire una della prime CER in sito UNESCO, grazie all'intervento della pubblica amministrazione, che possa mettere a disposizione superfici di proprietà. In questa fase sono stati individuati, per l'installazione degli impianti fotovoltaici della CER (in assenza di altre possibili forme di approvvigionamento energetico), ventuno edifici con coper-



03 | Mappa del centro di Genova con delimitazione dei perimetri del sito UNESCO «Genova, le Strade Nuove e il sistema dei Palazzi dei Rolli», della relativa “buffer zone” e dei vincoli paesaggistici. Identificazione (in rosso) degli edifici di proprietà pubblica, sui quali potrebbero essere installati gli impianti fotovoltaici della CER (quantificabili in una superficie totale pari a 14.600 mq, di cui 2050 mq già presenti). I consumi medi per i Palazzi selezionati sono inferiori a 1000 Mwh. Elaborazione degli autori su dati desunti dal Geoportale del Comune di Genova (MC)

Map of the centre of Genoa with delimitation of the perimeters of the UNESCO site «Genoa, the Strade Nuove and the System of the Palazzi dei Rolli», of the “buffer zone” and of the landscape constraints. Identification (in red) of the public buildings on which the ERC photovoltaic systems could be installed (quantifiable in a total surface area of 14,600 square metres, of which 2,050 square metres already existing). The average consumption for the selected buildings is less than 1000 Mwh. Elaboration by the authors on data taken from the Geoportale of the Municipality of Genoa (MC)

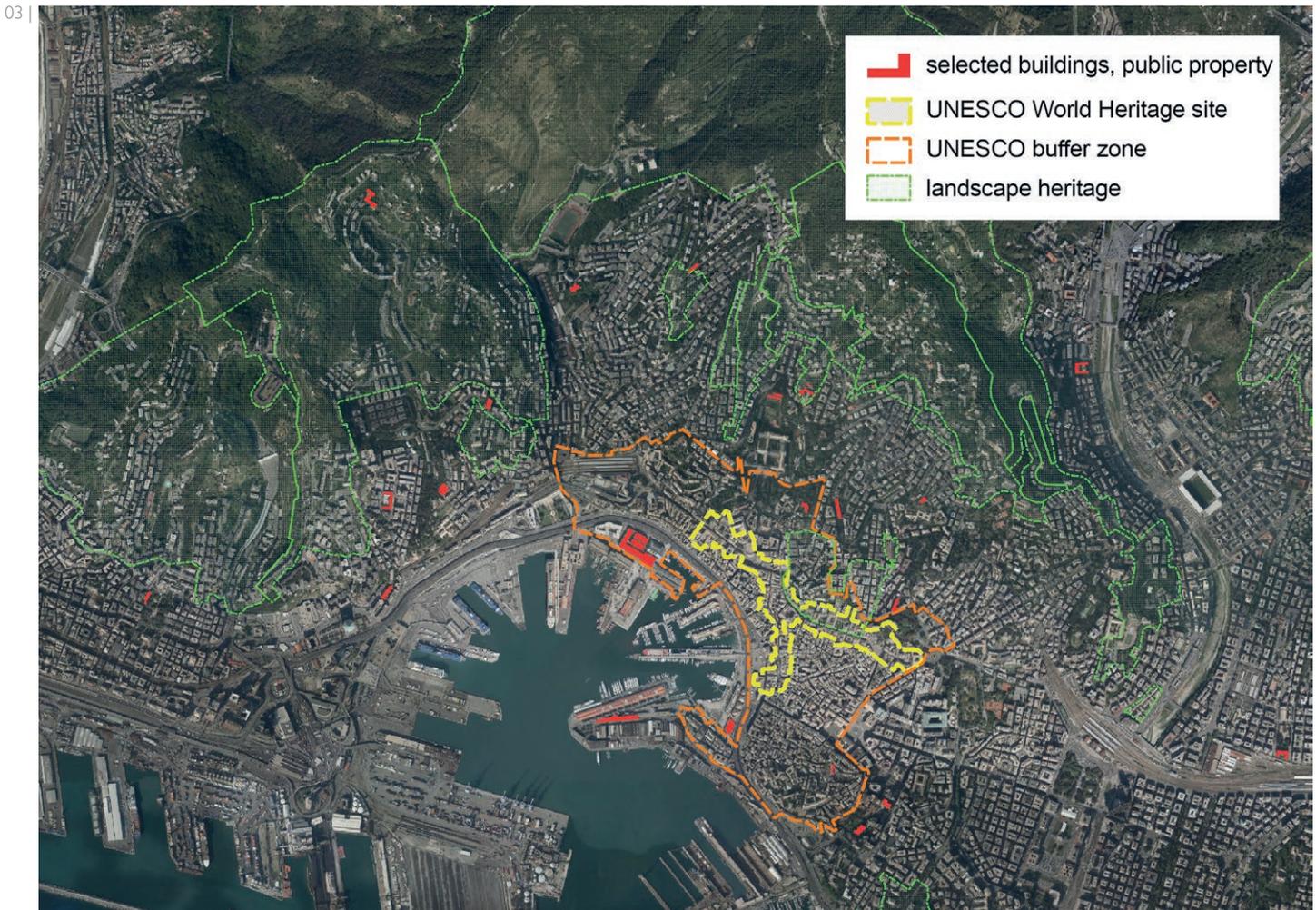
ture piane di proprietà pubblica, diciotto dei quali sono edifici scolastici. Un terzo degli edifici selezionati ricade in zone di vincolo paesaggistico, in centro storico, nella buffer zone del sito UNESCO o presenta un vincolo monumentale (Tab. 2). In quattro casi sono già presenti impianti fotovoltaici in copertura e in uno un impianto fotovoltaico a terra. Per tutti gli edifici è stata valutata la visibilità degli impianti dallo spazio pubblico e dagli edifici circostanti. La proposta include sperimentazioni e simulazioni per un inserimento di pannelli fotovoltaici discreto nel contesto storico e ambientale, che non trascuri creatività e compatibilità (Fig. 4, Fig. 5).

ATTRIBUZIONE, RICONOSCIMENTI, DIRITTI D'AUTORE

Impostazione metodologica e stesura dei paragrafi introduttivi e finali: GF; mappatura delle CER in Italia e stesura del relativo paragrafo, database in ambiente QGIS e analisi critica, editing: MC.

REFERENCES

- Bolognesi, M. and Magnaghi, A. (2020), “Verso le comunità energetiche”, *Scienze del territorio*, special issue “Abitare il territorio al tempo del covid”, pp. 142-150.
- Brummer, V. (2018), “Community energy – benefits and barriers: A comparative literature review of Community Energy in the UK, Germany and the USA, the benefits it provides for society and the barriers it faces”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Volume 94, pp. 187-196.
- Brunetta, G., Mutani, G. and Santantonio, S. (2021), “Pianificare per la resilienza dei territori. L'esperienza delle comunità energetiche”, *Archivio di Studi Urbani e Regionali*, Vol. 131, pp. 44-70.
- Coenen, F.H.J.M. and Hoppe, T. (Ed.) (2021), *Renewable Energy Communities and the Low Carbon Energy Transition in Europe*, Palgrave Macmillan, Cham.
- Colombo, G., Ferrero, F., Pirani, G., and Vesco, A. (2014), “Planning Local Energy Communities to Develop Low Carbon Urban and Suburban Areas”, *Proceedings of the IEEE International Energy Conference (ENERGYCON)*, Dubrovnik, pp. 1012-1018.



Tab. 2 | Studio di fattibilità per una CER in sito UNESCO: identificazione degli edifici pubblici selezionabili per l'installazione degli impianti fotovoltaici. Quantificazione della superficie disponibile per l'installazione degli impianti, della presenza di impianti fotovoltaici esistenti e della presenza di vincoli. Analisi della visibilità degli impianti in copertura dallo spazio pubblico e dagli edifici adiacenti, indicazione della presenza del parapetto

Feasibility study for a CER in an UNESCO site: identification of public buildings that could be selected for the installation of photovoltaic systems. Quantification of the area available for the installation of the systems, the presence of existing photovoltaic systems and the presence of constraints

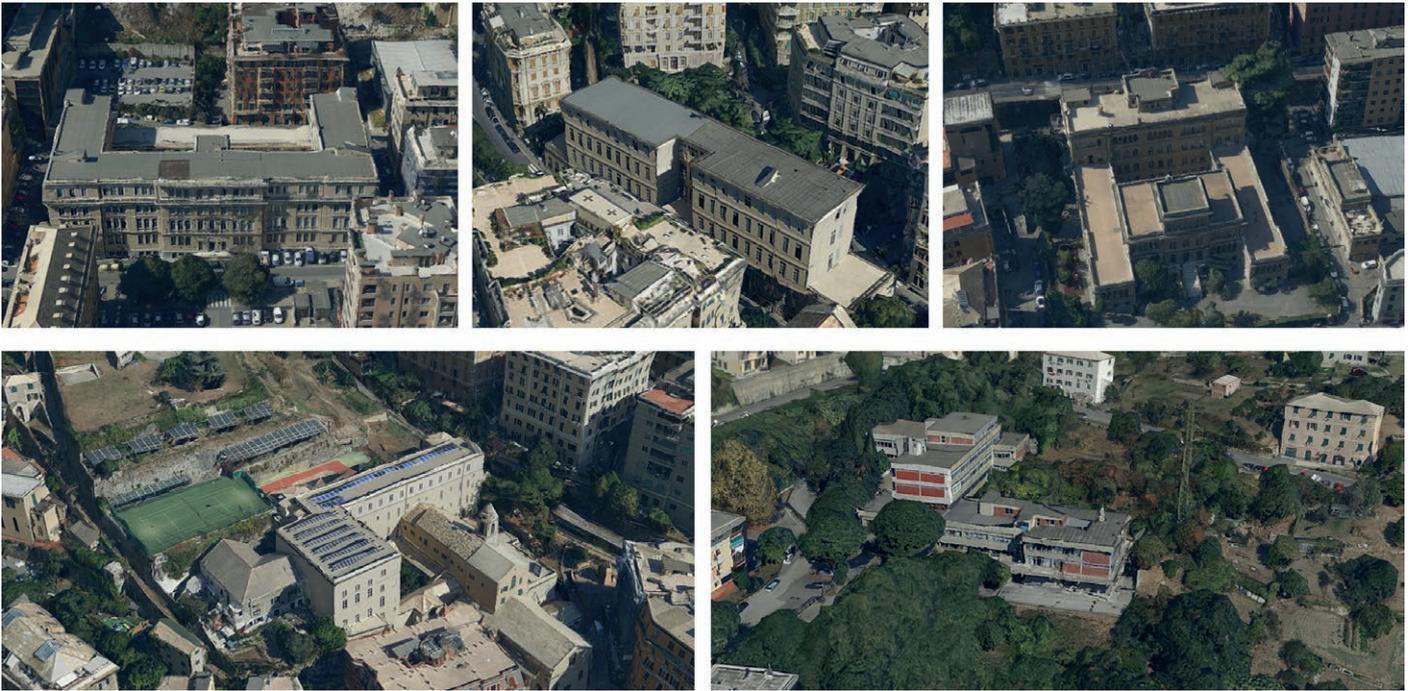
| Tab. 02

	RESTRICTIONS	EXISTING PV PLANTS (mq)	PLANNED PV PLANTS (mq)	PRESENCE OF PARAPET	VISIBILITY FROM PUBLIC SPACE	VISIBILITY FROM OTHER BUILDINGS
Greenhouses of Valletta Carbonara - Albergo dei Poveri	listed building	-	1468	-	✓	✓
Dipartimento di Economia - Università degli Studi di Genova	buffer zone UNESCO site	129	2068	✓	x	✓
Scuola Garaventa, vico di Mezzagalera, 4	historic centre - buffer zone UNESCO site	72	-	x	x	✓
Scuola Comunale - Asilo Nido C.I. - Calata Mandraccio, 11		-	882	x	✓	✓
Molo Vecchio parking		1218	-	✓	x	✓
Scuola Primaria Emilio Salgari, Salita San Barborino, 9		-	263	✓	x	✓
Scuola Primaria A. Mameli, Via Bologna, 86		-	259	✓	x	✓
IC Lagaccio - Scuola primaria Mazza, Via Napoli, 60		-	380	✓	x	✓
Scuola primaria Montegrappa, via San Marino, 223	landscape heritage	-	787	✓	✓	✓
Scuola primaria 10 Dicembre, via Maculano, 14		-	310	x	x	✓
Istituto Comprensivo Castelletto, Corso Firenze, 1	listed building	-	665	x	x	✓
Scuola primaria San Paolo, Via F. S. Cabrini, 2		-	313	x	x	✓
Scuola primaria Gerolamo Passano, Via Montaldo, 8	listed building	-	1026	✓	x	✓
Scuola primaria G. Marconi, Piazza Martinez, 2		-	610	✓	x	x
Scuola Materna Garbarino, Via all'Asilo Davide e Delfina Garbarino, 1		-	612	✓	x	✓
Istituto D'Istruzione Superiore Statale Einaudi - Casaregis - Galilei, Piazza Sopranis, 5	listed building	-	1009	✓	x	✓
I.I.S. Gastaldi-Abba, Via Dino Col, 32		-	612	✓	✓	✓
Residenza Universitaria, Ex convento S. Nicola, Salita della Madonnetta	listed building - landscape heritage	279 (roof) 350 (ground)	80	✓	✓	✓
Scuola Sec. I° grado Don Milani - Colombo Genova, Corso Carbonara 7g	buffer zone UNESCO site	-	262	✓	x	✓
Scuola Primaria Statale Giano Grillo, Salita delle Battistine, 12		-	632	✓	x	✓
Centro Direzionale Madre di Dio, via Fieschi, 15		-	644	✓	✓	✓
TOTAL		2.048 mq	12.882 mq			

04 | Viste degli edifici che presentano vincoli monumentali (LB) o si trovano in zona di vincolo paesaggistico (LH), identificate tra gli edifici di proprietà pubblica su cui poter installare, senza eccessivi impatti ambientali, gli impianti fotovoltaici (dati desunti dal Geoportal del Comune di Genova). Dall'alto a sinistra: Istituto D'Istruzione Superiore Statale Einaudi - Casaregis - Galilei (Piazza Sopranis, 5) LB, Istituto Comprensivo Castelletto (Corso Firenze, 1) LB, Scuola primaria Gerolamo Passano (Via Montaldo, 8) LB, Residenza Universitaria, Ex convento S. Nicola (Salita della Madonnetta) LB - LH, Scuola primaria Montegrappa (via San Marino, 223) LH

Views of the buildings that have monumental restrictions (LB) or are located in a landscape restriction area (LH), identified among the publicly owned buildings on which it is possible to install, without excessive environmental impacts, photovoltaic systems (data taken from the Geoportal of the Municipality of Genoa). From top left: Einaudi State Higher Education Institute - Casaregis - Galilei (Piazza Sopranis, 5) LB, Castelletto Comprehensive Institute (Corso Firenze, 1) LB, Gerolamo Passano Primary School (Via Montaldo, 8) LB, University Residence, Ex convent of S. Nicola (Salita della Madonnetta) LB - LH, Montegrappa primary school (via San Marino, 223) LH

04 |



De Lotto, R., Micciché, C., Venco, E.M., Bonaiti, A. and De Napoli, R. (2022), "Energy Communities: Technical, Legislative, Organizational, and Planning Features", *Energies*, Vol. 15.

De Medici, S. (2021), "Italian Architectural Heritage and Photovoltaic Systems. Matching Style with Sustainability", *Sustainability*, Vol. 13.

De Vidovich, L., Tricarico, L. and Zulianello, M. (2021), *Community Energy Map. Una ricognizione delle prime esperienze di comunità energetiche rinnovabili*, Franco Angeli, Milano.

ings with flat roofs were identified for the installation of ERC photovoltaic systems (in the absence of other possible forms of energy supply), 18 of which are school buildings. One third of the selected buildings fall within landscape constraint areas, in the historic centre, in the buffer zone of the UNESCO site or have a monumental constraint (Tab. 2). Roof-mounted photovoltaic systems are already present in four cases, and there is a ground-mounted photovoltaic system in one. Visibility of the installations from the public space and surrounding buildings was assessed for all buildings. The proposal includes simulations for a discreet insertion of photovoltaic panels in the historical and environmental context, which does not neglect creativity and compatibility (Fig. 4, Fig. 5).

ACKNOWLEDGMENT

Methodological set-up and drafting of introductory and final paragraphs: GF; mapping of CERs in Italy and drafting of the paragraph, database in QGIS environment and critical analysis, editing: MC.

Eroe, K. and Polci, T. (2022), *Comunità Rinnovabili 2022*, Legambiente. Available at: <https://www.comunirinnovabili.it/wp-content/uploads/2022/05/CR2022-2.pdf> (Accessed on 27/02/2023).

European Commission (2023), "EU Energy Communities Repository". Available at: https://energy-communities-repository.ec.europa.eu/energy-communities/energy-communities-map_en (Accessed on 27/02/2023).

Fondazione per lo Sviluppo Sostenibile (2022), "La corsa delle regioni verso la neutralità climatica. Il primo ranking delle regioni italiane sul clima 2022". Available at: https://www.fondazionevilupposostenibile.org/wp-content/uploads/dlm_uploads/La-corsa-delle-Regioni-verso-la-neutralita-climatica-2022-Italy-for-Climate_compressed-1.pdf (Accessed on 27/02/2023).

Foster, G., Kreinin, H. and Stagl, S. (2020), "The future of circular environmental impact indicators for cultural heritage buildings in Europe", *Environmental Sciences Europe*, Vol. 32: 141.

Franco, G. (2018), "Solar powered and eco-efficiency in a UNESCO site. Criteria and recommendations for the National Park of cinque Terre, Italy", *Energy & Buildings*, Vol. 174, pp. 168-178.

Gerundo, R. and Marra, A. (2022), "A Decision Support Methodology to Foster Renewable Energy Communities in the Municipal Urban Plan", *Sustainability*, Vol. 14, 16268.

Gross, M. and Mautz, R. (2015), *Renewable energies*, Routledge, London.

Huang, Z., Yu, H., Peng, Z. and Zhao, M. (2015), "Methods and tools for community energy planning: A review", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 42(C), pp. 1335-1348.

Lucchi, E., Polo Lopez, C.S. and Franco, G. (2020), "A conceptual framework on the integration of solar energy systems in heritage sites and buildings", *IOP Conf. Ser.: Material Science and Engineering*, Vol. 949.

Manni, V. and Valzano, L.S. (2022), "Comunità energetiche. Strumento per

05 | Vista della Scuola San Francesco da Paola (via San Marino, 219-221), in zona di vincolo paesaggistico, identificata tra gli edifici di proprietà pubblica su cui poter installare, senza eccessivi impatti ambientali, gli impianti fotovoltaici (dati desunti dal Geoportale del Comune di Genova)

View of the San Francesco da Paola School (via San Marino, 219-221), in a landscape constraint area, identified as one of the public buildings on which photovoltaic systems could be installed without excessive environmental impact (Genoa City Council Geoportal)

riqualificare l'edilizia della ricostruzione post-bellica", *Techne*, Vol. 24, pp. 119-126.

Marrone, P. and Montella, I. (2022), "An experimentation on the limits and potential of Renewable Energy Communities in the built city: Buildings and proximity open spaces for energy decentralization", *Renewable and Sustainable Energy Transition*, Vol. 2.

Ministero della Cultura (2015), *Linee di Indirizzo per il Miglioramento Dell'efficienza Energetica nel Patrimonio Culturale*; MIBACT, Roma.

Ministero della Cultura (2023), "Vincoli in rete". Available at: <http://vincoliinrete.beniculturali.it/VincoliInRete/vir/utente/login> (Accessed on 27/02/2023).

Moser, D. and Maturi, L. (2022), "Nuovi orizzonti della transizione energetica: sfide e opportunità per l'edilizia", *Techne*, Vol. 24, pp. 40-45.

Tarhan, M.D. (2015), "Renewable Energy Cooperatives: a Review of Demonstrated Impacts and Limitations", *Journal of Entrepreneurial Organizational Diversity*, Volume 4, Issue 1, pp. 104-120.

Todeschi, V., Marocco, P., Mutani, G., Lanzini, A. and Santarelli, M. (2021). "Towards energy self-consumption and self-sufficiency in urban energy communities", *International Journal of Heat and Technology*, Vol. 39, No. 1, pp. 1-11.

Tsoumanis, G., Formiga, J., Bilo, N., Tsarchopoulos, P., Ioannidis, D. and Tzovaras, D. (2021), "The Smart Evolution of Historical Cities: Integrated Innovative Solutions Supporting the Energy Transition while Respecting Cultural Heritage", *Sustainability*, Vol. 13, 9358.

UNESCO (2021), "Rapporto dell'UNESCO sulla scienza. La corsa contro il tempo per uno sviluppo più intelligente". Available at: <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/igo/> (Accessed on 27/02/2023).

Wierling, A., Schwanitz, V.J., Zeiss, J.P. et al. (2023), "A Europe-wide inventory of citizen-led energy action with data from 29 countries and over 10000 initiatives", *Scientific Data*, Vol 10.



| 05



Lidia Errante¹,

Alberto De Capua², <https://orcid.org/0000-0002-3492-5015>

¹ Dipartimento di Patrimonio Architettura e Urbanistica, Università degli Studi "Mediterranea" di Reggio Calabria, Italia

² Dipartimento di Architettura e Territorio, Università degli Studi "Mediterranea" di Reggio Calabria, Italia

lidia.errante@unirc.it
adecapua@unirc.it

Abstract. Nel contemporaneo contesto di poli-crisi, si riflette sulle modalità e i criteri di trasformazione urbana sostenibile che spostano l'ago della bilancia della transizione ecologica dall'edificio alla città, verso l'autosufficienza energetica e l'autodeterminazione sociale. Sono discusse forme alternative di gestione, contenimento e produzione di energia pulita e accessibile da fonti rinnovabili che abbiano un riscontro in termini di innovazione di processo, di progetto e sociale. L'obiettivo del contributo è di evidenziare la dimensione attiva e adattiva del design tecnologico, nella sua capacità di assecondare e promuovere comportamenti sostenibili in materia di transizione ambientale.

Parole chiave: Design tecnologico; Transizione energetica; Sostenibilità urbana; Urban design; Innovazione.

La crisi come opportunità di innovazione

L'attuale contesto di poli-crisi – economica, energetica, climatica e sanitaria – che caratterizza

questo difficile tempo, ha messo in luce la fragilità dei sistemi in cui operiamo quotidianamente. I condizionamenti che ne derivano interessano la sfera privata e individuale, quella sociale, professionale e produttiva, con forti implicazioni sul piano logistico e dei processi, anche (e soprattutto) nell'ambito della produzione del progetto. L'eccezionalità di tale crisi è data dalla sua multidimensionalità, toccando la sfera sociale, ambientale ed economica e con forti interrelazioni con le dimensioni dello sviluppo sostenibile, della transizione ecologica e, in molti casi, della sopravvivenza stessa. Una simile crisi globale, preannunciata dalla critica ai modelli di sviluppo avanzata negli anni '60 e '70, riapre il dibattito sul concetto di decrescita (Latouche, 2006; Latouche and Faletta, 2019), di alternative energetiche su base locale (Friedman, 2012), di autoproduzione e autogestione delle risorse.

Le drammatiche circostanze cui abbiamo assistito nel corso de-

gli ultimi anni hanno reso necessaria una generale riorganizzazione funzionale, fisica e spaziale della città, attraverso misure emergenziali sperimentate o consolidate in relazione alla crisi pandemica prima ed energetica dopo. Le strategie di contenimento, compensazione, adattamento o prevenzione hanno dimostrato interessanti risvolti sul piano dell'innovazione sociale, progettuale e tecnologica, orientate al raggiungimento di nuove o rinnovate *performance*.

Possono essere distinti alcuni paradigmi che accompagnano tali processi innovativi: adattabilità e flessibilità, autocostruzione, autogestione e autoproduzione, multiscalarità dell'intervento e dell'impatto. Intorno a questi temi si costruisce la riflessione del contributo sul ruolo determinante del design tecnologico nella buona riuscita del progetto urbano sostenibile, con riferimento alla transizione energetica dell'ambiente urbano e costruito, pur evidenziandone i risvolti virtuosi in termini di sostenibilità e innovazione sociale.

Di "design tecnologico", in letteratura, non esiste una definizione univoca che ne circoscrive gli ambiti di intervento. Si è scelto pertanto di assumerne un'elaborazione di definizioni fornite da Simon (1996), da Manzini (1999) e da Rampino (2007): Design tecnologico è la competenza che può essere impiegata per creare forme e processi a cui associare funzioni da tradurre in prodotti e servizi che soddisfino una domanda. Un processo di adattamento di un sistema al suo intorno che permette di estendere al design l'ambito ambientale, tecnologico e socio spaziale dei servizi urbani e della qualità dell'abitare.

Technological design for the environmental transition of the city. Opportunities for innovation

Abstract. In the contemporary context of the polycrisis, ways and criteria for sustainable urban transformation are discussed that shift the needle of ecological transition from building to city, towards energy self-sufficiency and social self-determination. Alternative forms of management, containment and production of clean and accessible energy from renewable sources are explored that have feedback in terms of process, design and social innovation. The paper aims to highlight the active and adaptive dimensions of technological design in its ability to support and promote behaviour favouring sustainable environmental transition.

Keywords: Technological design; Energy transition; Urban sustainability; Urban design; Innovation.

Crisis as an opportunity for innovation

The current context of poly-crisis – economic, energy, climate, and health – that characterises this difficult time has highlighted the fragility of the systems in which we operate on a day-to-day basis. The resulting constraints affect the private and individual, social, professional, and productive spheres, with strong implications in terms of logistics and processes, including (and above all) in design production. The unique nature of this crisis lies in its multidimensional aspect, which touches the social, environmental, and economic spheres, and presents strong interrelationships with the dimensions of sustainable development, ecological transition and, in many cases, survival itself. Such a global crisis, heralded by the critique of development models advanced in the 1960s and 1970s,

reopens the debate on the concept of degrowth (Latouche, 2006; Latouche and Faletta, 2019), locally based energy alternatives (Friedman, 2012), self-production and self-management of resources.

The dramatic circumstances we have witnessed over the last few years have necessitated a general functional, physical, and spatial reorganisation of the city through experimental or consolidated emergency measures concerning the pandemic crisis first and the energy crisis later. The strategies of containment, compensation, adaptation, or prevention have shown interesting implications in terms of social, design and technological innovation oriented towards achieving new or renewed performance.

Some paradigms that accompany such innovative processes can be distinguished: adaptability and flexibility,

Guardare indietro per andare avanti

Le drammatiche circostanze della pandemia hanno indubbiamente favorito la normalizzazione di comportamenti solidali attraverso il consolidamento di formazioni sociali ibride, comunità di interesse raccolte intorno al tema della cura (Manzini, 2021) che hanno trovato nel digitale la piattaforma ideale per organizzare le proprie strategie. Quella della cura è una missione che tiene sul principio della cooperazione, necessaria alla distribuzione delle responsabilità e dei ruoli necessari ad alimentare una catena del valore dal basso. Possono essere distinte due declinazioni principali, una relativa alla dimensione di community building e l'altra strettamente connessa alla trasformazione e adattamento dello spazio pubblico urbano. Entrambe le connotazioni dimostrano una spiccata sensibilità verso l'innovazione sociale, la sostenibilità – economica, ambientale e sociale – e l'innovazione tecnologica. In questo senso, si evidenzia una tensione tra la ricerca di soluzioni contemporanee spinte verso l'automatismo e la digitalizzazione dei processi e la riscoperta di modelli sociali e comportamentali del passato, ritenuti economicamente vantaggiosi e più attenti all'equilibrio uomo-natura.

Sul piano ambientale ed energetico, Friedman auspicava il ricorso ad "Alternative energetiche" orientate alla "autosufficienza locale" (2012) considerando la civiltà contadina modernizzata una soluzione necessaria, non priva di rinunce, conflitti e contraddizioni, che «[...] ci libererà dall'incubo della povertà e della disoccupazione. E se questo obiettivo non è quello dei politici [...] è invece vicino a quello dell'uomo qualunque, per il quale gli incubi sono realtà quotidiana [...]» (Ibid.). Friedman delinea una civiltà basata sulla solidarietà e il mutuo soccorso tra vicini

self-construction, self-management, self-production, and multiscalar interventions and impacts. The contribution's reflection on the decisive role of technological design in the success of a sustainable urban design is built around these themes regarding the energy transition of the urban and built environment, while highlighting its virtuous implications in terms of sustainability and social innovation. There is no clear definition of 'technological design' in the field's literature. The authors assume an elaboration of several concepts provided by Simon (1996), Manzini (1999), and Rampino (2007). Technological design is the competence used to create forms and processes that can be associated with functions to be translated into products and services that meet a demand. A process of adapting a system to its surroundings that allows the environ-

mental, technological, and socio-spatial scope of urban services and quality of living to be extended to design.

Looking back to move forward.

The dramatic circumstances of the pandemic have certainly encouraged normalisation of solidarity-based behaviour through the consolidation of hybrid social formations, and communities of interest gathered around the theme of care (Manzini, 2021). They have found in the digital dimension the proper platform to organise their strategies. Care is a mission grounded on the principle of cooperation, which is necessary for the distribution of responsibilities and roles to feed a value chain with a bottom-up approach. Two main developments can be distinguished, one related to the community-building dimension, and the other closely linked to the transfor-

come risposta alle grandi crisi della civiltà umana e riconoscendo l'irreversibilità delle erosive dinamiche contemporanee di sviluppo. Quanto appena descritto si avvicina all'esperienza vissuta nel corso della crisi pandemica, con implicazioni sulla capacità di rinnovamento dei processi progettuali che hanno espresso, come sempre fanno, il repentino cambiamento dei tempi.

Tra i molteplici temi che interessano il progetto e la sua produzione, a tutti i livelli, si riconoscono tre tendenze principali che aprono strade nuove, rinnovate o alternative, e valide risposte alla crisi climatica ed energetica che stiamo attraversando: l'autoproduzione alimentare, l'autoproduzione energetica e la prossimità. Di fronte alla incapacità dei governi e delle istituzioni di garantire uguali opportunità e accesso alle risorse, la premessa alla riorganizzazione sociale e funzionale delle comunità diventa necessaria per comprendere la bontà delle strategie di sostenibilità, mitigazione e compensazione ambientale orientate a principi di democrazia, anche energetica.

Il tema dell'autoproduzione alimentare comporta una profonda riflessione di natura socioeconomica sulla città contemporanea, con riferimento agli effetti delle attività produttive sulla qualità ambientale e alle opportunità di adottare misure progettuali e tecnologiche di contenimento, assorbimento e mitigazione degli inquinanti e degli effetti causati dalla loro presenza. Tale riflessione ci proietta verso lo scenario presente e futuro, in cui anche in ambiente mediterraneo, dove si registra un preoccupante scadimento della qualità dell'aria, come già drammaticamente successo in città come Milano, recentemente paragonata a Nuova Delhi. Portare il ragionamento sul piano delle possibilità in seno al design tecnologico può offrire un punto di vista operativo, dal forte potere immaginifico ed evocativo.

mation and adaptation of urban public space. Both purposes demonstrate a marked sensitivity towards social innovation, sustainability – economic, environmental, and social – and technological innovation. In this sense, tension is evident between the search for contemporary solutions pushed towards automatism and digitisation of processes, and the rediscovery of social and behavioural models of the past, considered economically advantageous and more attentive to the balance between man and nature.

Concerning environmental and energy-related aspects, Friedman wished for 'energy alternatives' geared towards 'local self-sufficiency' (2012), considering the modernised peasant civilisation a necessary solution, not without renunciations, conflicts and contradictions, which «[...] will free us from the nightmare of poverty and unemploy-

ment. And while this goal is not that of politicians [...] it is close to that of the ordinary man, for whom nightmares are an everyday reality [...]» (Ibid.). Friedman outlines a civilisation based on solidarity and mutual aid between neighbours as a response to the great crises of human civilisation, also recognising the irreversibility of the erosive contemporary dynamics of development. What has just been described comes close to the experience of the pandemic crisis with implications for the capacity for renewal of design processes that expressed, as they always do, the abruptness of changing times. Among the many themes that affect the project at all levels, three main trends can be distinguished opening to new, renewed or alternative paths and valid responses to the climate and energy crisis we are currently experiencing: food self-production, energy

Il contributo intende, per design tecnologico quelle soluzioni, *high-tech* e *low-tech*, capaci di garantire elevate prestazioni, anche ambientali, attraverso un approccio adattivo, flessibile, reattivo, produttivo, in grado cioè di mediare tra l'esigenza di innovare e digitalizzare i processi in ottica di transizione ecologica e quella di promuovere la qualità spaziale, il benessere e l'accessibilità ad energia pulita e sostenibile. In tal senso, si ritiene che quest'ultima sia una caratteristica propria del progetto di architettura, che nell'accezione semantica di design tecnologico assume una connotazione di scala orientata al dettaglio, oltre che alla sua necessaria e imprescindibile visione d'insieme. Questa duplice accezione di scala sottolinea la necessità di affrontare il tema della transizione ecologica della città operando nelle molteplici sfumature e opportunità progettuali comprese tra la macro-scala urbana, necessaria a comprendere i processi e le dinamiche principali, e la micro-scala esecutiva, necessaria a controllare la compatibilità e l'inter-correlazione tra i sistemi e sottoservizi.

In questa prospettiva, i requisiti del design tecnologico sono quattro:

1. **Alternativo:** ovvero capace di fornire alternative adattabili a contesti e dinamiche sociali differenti, non dogmatico rispetto ai processi di innovazione e transizione ecologica potenzialmente non adatti a contesti socioeconomici caratterizzati da povertà energetica ed economica. In grado, cioè, di orientare modelli comportamentali orientati al risparmio e all'autoproduzione laddove non vi sia il potere economico di operare trasformazioni strutturali o infrastrutturali.
2. **Di prossimità:** attingendo al potenziale di trasformazione delle comunità di luogo e di interesse (Manzini, 2021),

self-production and proximity. Faced with the inability of governments and institutions to guarantee equal opportunities and access to resources, the premise of the social and functional re-organisation of communities becomes necessary to understand the validity of sustainability, mitigation and environmental compensation strategies oriented towards principles of democracy, including energy.

The theme of food self-production entails a profound socioeconomic reflection on the contemporary city, concerning the effects of production activities on environmental quality and the opportunities to adopt design and technological measures to contain, absorb and mitigate pollutants and the effects caused by their presence. This reflection projects us towards the present and future scenario, where even in the Mediterranean environment there

is a worrying decline in air quality, as has already dramatically occurred in cities such as Milan, recently compared to New Delhi. Bringing reasoning to the level of possibilities within technological design can offer an operational point of view, with a strong imaginative and evocative power.

The term technological design refers to solutions, both high-tech and low-tech, capable of guaranteeing high performance, including environmental performance, through an adaptive, flexible, reactive, productive approach. Such a perspective can mediate between the need to innovate and digitise processes with a view to ecological transition, and that of promoting spatial quality, well-being and accessibility to clean and sustainable energy. In this sense, it is considered that the latter is an inherent characteristic of architectural design, which in the semantic

utilizzare la prossimità relazionale e l'innovazione sociale come elementi chiave delle strategie di transizione ecologica delle città in chiave locale, attivando reti di supporto, modelli di gestione e produzione collaborativa e condivisa. Manzini (2021) la descrive come una «[...] prossimità diversificata, relazionale e ibrida [...]» a cui può essere assimilato il modello di Città dei 15 minuti.

3. **Disordinato:** ovvero adattivo. Secondo Sendra e Sennet (2020) una forma urbana aperta e flessibile risulta essere più robusta, permettendo un uso più creativo degli strumenti tecnologici e il superamento della «[...] iperdeterminazione sia delle forme visive della città sia delle sue funzioni sociali [...]» (ibid). Predisporre, in un certo senso, forme di caos controllato da cui fare emergere nuove possibilità, combinazioni ed espressioni.
4. **Open Source:** capace, in modo operativo e progettuale, di realizzare tali possibilità considerando il contesto urbano come un palinsesto, una stratificazione funzionale, sociale e culturale spesso non autoriale, frutto di scelte partecipate, condivise, di carattere auto deterministico (ovvero auto-gestite, prodotte, costruite, finanziate) e in grado di essere replicate, disseminate, riproposte (Ratti, 2014). Open Source è anche la capacità di hackerare il sistema promuovendo, vedi punto 1, soluzioni alternative per superare lo stesso ostacolo, ma soprattutto, vedi punto 2, attivare *think tank* di prossimità ibrida, fisica e digitale, come comunità di interesse unite dallo scopo di partecipare alla cura o, nel caso di questo contributo, alla transizione ecologica della città.

Questa discussione tende verso due estremi. Da un lato, il ricorso a forme e spazi sociali condivisi, in cui siano le comunità

meaning of technological design takes on a connotation of scale oriented towards detail, in addition to its necessary and unavoidable overall view. This dual meaning of scale underscores the need to address the theme of ecological transition of the city by operating in the multiple nuances and design opportunities between the urban macro-scale, necessary to understand the main processes and dynamics, and the executive micro-scale, necessary to control the compatibility and inter-correlation between systems and sub-services.

From this perspective, there are four requirements for the technological design:

1. **Alternative:** able to provide scenarios adaptable to different contexts and social dynamics; being non-dogmatic to innovation and ecological transition processes that

are potentially unsuitable for socioeconomic conditions characterised by energy and economic poverty; being capable of orienting behavioural models towards savings and self-production where there is no economic power to make structural or infrastructural transformations.

2. **Proximity:** absorbing the transformational potential of communities of place and interest (Manzini, 2021); using relational proximity and social innovation as key elements for the ecological transition strategies of cities; orienting the intervention in a local perspective, activating support networks, collaborative and shared management, and production models. Manzini (2021) describes it as a «[...] diverse, relational and hybrid proximity [...]» to which the 15-Minute City model can be assimilated.

stesse a intuire il proprio fabbisogno materiale ed energetico ed attivare soluzioni opportunamente calibrate attraverso forme di auto-deterministiche di approvvigionamento. L'auspicio di Friedman di una società contro-industriale guarda quindi a modelli di produzione e gestione delle attività più energivore, di fatto, preindustriali. Dall'altro lato, il sofisticato avanzamento tecnologico, costruttivo e digitale, degli strumenti di monitoraggio e controllo dei consumi e dell'efficienza energetica che impiegano, ad esempio, l'Intelligenza Artificiale, non può essere trascurato.

Verso il progetto di rigenerazione adattiva

I temi delineati rispondono alla rinnovata centralità delle dimensioni urbana, locale e sociale. Il ruolo attivo delle comunità si esprime al suo massimo nel contesto di poli-crisi già descritto, rivelando la capacità di anticipare i tempi fisiologici delle istituzioni. Il Rapporto Comunità Rinnovabili 2022 di Legambiente attesta infatti una tendenza positiva relativamente alle comunità energetiche e di autoconsumo, che si scontra con la farraginosità del processo, anche di facilitazione burocratica, verso la transizione energetica. Va rilevato come, anche in relazione all'operazione "Eco-Bonus", la politica sia maggiormente orientata a indirizzare la riqualificazione energetica verso l'efficientamento degli edifici attraverso il miglioramento della performance di impianti e sistemi di produzione di energia pulita, limitatamente al solare termico e fotovoltaico. A ben guardare i dati, Legambiente (2022) suggerisce che negli ultimi due anni l'Italia sia rimasta molto indietro rispetto ad altri paesi, rivelando un importante *gap*. Nel 2020 e 2021 in Italia sono stati installati rispettivamente

3. Disorder: according to Sendra and Sennet (2020), an open and flexible urban form is more robust, allowing more creative use of technological tools and the overcoming of the «[...] overdetermination of both the visual forms of the city and its social functions [...]» (ibid). Prepare, in a sense, forms of controlled chaos from which new possibilities, combinations and expressions can emerge.
4. Open Source: able, in an operative and planning way, to implement such possibilities by considering the urban context as a palimpsest, a functional, social, and cultural stratification that is often non-authorial, the outcome of participated, shared, self-determining choices (i.e., self-managed, produced, constructed, financed), which can be replicated, disseminated and re-proposed

(Ratti, 2014). Open Source is also the ability to hack the system by promoting, see point 1, alternative solutions to overcome the same obstacle, but above all, see point 2, by activating think tanks of hybrid proximity, physical and digital, as communities of interest united by the aim of participating in the care or, in the case of this contribution, in the ecological transition of the city.

This discussion tends towards two extremes. On the one hand, the use of shared social forms and spaces, in which communities themselves realise their material and energy needs and activate appropriately calibrated solutions through self-determined forms of supply. Friedman's wish for a counter-industrial society thus looks to models of production and management of the most energy-intensive, de facto pre-industrial activities. On the other

hand, the sophisticated technological advancement, both constructive and digital, of monitoring and control tools for consumption and energy efficiency employing, for instance, Artificial Intelligence, cannot be ignored.

te 765 MW e 541 MW di solare fotovoltaico, collocandosi subito sotto la Spagna che ne conta 2.812 MW. Tutto ciò, a fronte di un risparmio energetico di 9.410,5 GWh/anno, conseguito al settembre 2022, con 307.191 interventi finanziati nell'ambito del Super e Eco Bonus (ENEA, 2022). Il dato e le misure in oggetto indicano un approccio orientato all'ottimismo tecnocratico che promuove soluzioni di mercato, anche quando innovative e performanti, da cui il mercato e il settore industriale possano trarre beneficio. Questa logica non mette in discussione i modelli produttivi, energivori e inquinanti, né i processi di creazione del valore in termini di sostenibilità. Al contrario, allontana dalla transizione energetica chi non abbia il potere di acquisto per adottare le soluzioni proposte dal mercato. In tal senso, pur riconoscendo l'esigenza di interventi urgenti sull'efficienza energetica dello stock abitativo italiano, le misure degli incentivi fiscali hanno solo in parte contribuito alla diffusione di soluzioni tecnologiche adeguate, senza innescare alcun dibattito costruttivo sul benessere reale degli occupanti. Se ad oggi i cd. Super Bonus sono causa primaria di una bolla creditizia e speculativa (Fonte: Sole24Ore), è altresì vero che le misure e gli incentivi proposti per la transizione energetica alla scala urbana si limitano a episodi isolati, di natura progettuale, non rientrando in strategie programmatiche mirate alla decarbonizzazione dell'ambiente costruito.

Le politiche europee e nazionali in tema di transizione energetica enfatizzano il ruolo chiave dello spazio urbano in relazione agli spazi pubblici e della mobilità, dove sono già in campo dinamiche di trasformazione e di innovazione sociale innescate dalla condizione emergenziale. Con riferimento particolare alla crisi pandemica, viene riabilitato l'approccio progettuale

transition. It should be noted how, also with the 'Eco-Bonus' operation, the policy is more oriented towards directing energy requalification towards the efficiency of buildings by improving the performance of clean energy production plants and systems, limited to solar thermal and photovoltaic. Looking closely at the data, Legambiente (2022) suggests that in the last two years Italy has dropped far behind other countries, showing an important gap. In 2020 and 2021, 765 MW and 541 MW of solar PV were installed in Italy, placing it just below Spain, which has 2,812 MW. All this, against energy savings of 9,410.5 GWh/year, achieved by September 2022, with 307,191 interventions financed under the Super and Eco Bonus (ENEA, 2022). This figure and these measures indicate a technocratic optimistic approach that promotes market solutions, even when

Towards Adaptive Regeneration Design

The themes outlined respond to the renewed central role of the urban, local, and social dimensions. The active role of communities is expressed to its fullest in the context of the polycrisis already described, revealing the ability to anticipate the physiological times of institutions. The 2022 Renewable Communities Report by Legambiente attests to a positive trend concerning energy and self-consumption communities, which conflicts with the complexity of the process, even of bureaucratic facilitation, towards energy

del DIY urbanism, con risvolti tecnologici sottili quanto interessanti. Bianchi (2022) ne descrive gli esiti in termini di design, evidenziando la ricchezza di forme e soluzioni dell'ampio movimento dal basso dedito all'attivazione di processi di co-creazione per la trasformazione dei luoghi.

La forza collettiva espressa da questi movimenti può essere utilizzata come risorsa chiave nelle strategie di rigenerazione adattiva per la transizione energetica delle città, usando il design tecnologico in due distinte modalità di produzione del progetto urbano. Da un lato, quello promosso dalle istituzioni in cui le comunità hanno un ruolo indiretto, dall'altro quello promosso con la partecipazione delle comunità, con il loro diretto coinvolgimento. Questa ultima modalità non è nuova al dibattito sulla rigenerazione urbana sostenibile ed è riconosciuta anche nell'ambito della transizione ecologica, che trova nei regolamenti per i beni comuni e in quelli per la costituzione delle comunità energetiche e di autoconsumo gli stessi ideatori. Tuttavia, tali modelli. Normativi di gestione condivisa delle responsabilità non sono sufficienti a indicare soluzioni progettuali di integrazione tra le tecnologie di produzione o efficientamento energetico e gli spazi urbani della vita quotidiana.

Interessante il progetto TANDEM, commissionato dall'Ayuntamiento di Madrid e realizzato dalla ONG Creàtica con Enorme Studio, PEZestudio e Todo por La Praxis (2017). La piazza Jardines del Arquitecto Ribera si trasforma in un laboratorio di riqualificazione urbana e di produzione di energia sostenibile, ospitando tre allestimenti a carattere ludico-ricreativo e informativo, ciascuno in grado di produrre fino a 2KW/h dal solare fotovoltaico. L'energia, accessibile ai residenti per il loro fabbisogno giornaliero, alimenta le attività culturali programmate

nella piazza, promuovendo un uso ludico del design tecnologico e integrando la transizione energetica all'approccio dell'autocostruzione, «[...] uno strumento di conoscenza socializzata e di consapevolezza pratica per realizzare progetti dal design informale, accessibile a tutta la comunità di cittadini e in grado di attivare processi dinamici di rigenerazione urbana [...]» (Bianchi: 2022). L'obiettivo del design tecnologico di integrare prestazioni ambientali ed energetiche in progetti di qualità fisica e sociale non esclude quindi l'adozione di arredi urbani *smart*, suggerendo una maggiore integrazione con processi alternativi e inusuali. Tra queste, l'uso dell'energia cinetica come fonte di energia sostenibile, che l'avanzamento tecnologico permette di sfruttare negli spazi pubblici urbani e della mobilità attraverso il calpestio. Le superfici cinetiche, usate nel progetto di suolo come inserto di pavimentazione in marciapiedi, piste ciclabili, playground o in luoghi di passaggio, in grado di produrre dai 5 ai 7 watt per passo, che alimentano per 30 secondi un bulbo a led per l'illuminazione pubblica. Questa soluzione, sperimentata in occasione delle Olimpiadi di Londra, si presta a sistemi off-site, con accumulatori e batterie autonome, o grid-connected. Tale soluzione, pur non avendo una natura partecipativa, rappresenta una soluzione altrettanto interattiva, essendo orientata alla *gamification* dello spazio così realizzato.

Le strategie di transizione ecologica della città non possono prescindere dall'adozione di misure di contenimento dei consumi, che alla scala urbana fanno il paio alla rigenerazione sostenibile, configurando lo spazio pubblico come un vero e proprio dispositivo tecnologico di mitigazione ambientale e termoregolazione. Diversi autori (Dessi and Rogora, 2005; Ottone and Cocci Grifoni, 2017) fanno notare come, adottando

innovative and performing, from which the market and the industrial sector can benefit. This rationale does not question energy-intensive and polluting production models or value-creation processes in terms of sustainability. Instead, it drives away from the energy transition of those who do not have the purchasing power to adopt the solutions proposed by the market. In this sense, while recognising the need for urgent action on the energy efficiency of Italy's housing stock, tax incentive measures have only partly contributed to spreading appropriate technological solutions without triggering any constructive debate on the actual welfare of occupants. If, to date, the so-called Super Bonuses are the primary cause of a credit and speculative bubble (Source: Sole24Ore), it is also true that the measures and incentives proposed for the energy transi-

tion at the urban scale are limited to isolated episodes, of a planning nature, and do not form part of programmatic strategies aimed at decarbonisation of the built environment.

European and national policies on energy transition emphasise the key role of urban space in public spaces and mobility, where dynamics of transformation and social innovation generated by the emergency condition are already in play. Concerning the pandemic crisis, the design approach of DIY urbanism is rehabilitated with subtle yet interesting technological implications. Bianchi (2022) describes its outcomes in terms of design, highlighting the variety of forms and solutions of the wide movement from below dedicated to the activation of co-creation processes for the transformation of places.

The collective force expressed by these

movements can be used as a resource in Adaptive Regeneration Design strategies for the energy transition of cities, using technological design in two distinct modes of urban project production. On the one hand, the modality promoted by institutions in which communities play an indirect role and, on the other hand, the one fostered within the participation of communities, with their direct involvement. The latter is not new to the debate on sustainable urban regeneration, and is also recognised in the context of the ecological transition, which finds the same creators in both the regulations for common goods and those for the establishment of energy and self-consumption communities. However, such regulatory models of shared responsibility management do not suffice to indicate design solutions of integration between energy production or

energy efficiency technologies and the urban spaces of everyday life.

An interesting project is TANDEM (Figs. 1, 2), commissioned by the Ayuntamiento de Madrid and implemented by the NGO Creàtica with Enorme Studio, PEZestudio and Todo por La Praxis (2017). The Jardines del Arquitecto Ribera square is transformed into a laboratory for urban regeneration and sustainable energy production, hosting three recreational and informative installations, each capable of producing up to 2KW/h from photovoltaic solar power. The energy, accessible to residents for their daily needs, fuels the cultural activities planned in the square, promoting a playful use of technological design and integrating energy transition with the self-construction approach, «[...] a tool of socialised knowledge and practical awareness to realise projects

01 |



| 02

opportuni criteri tecnici e tecnologici controllo bioclimatico del progetto urbano – ombreggiamento, evapotraspirazione, albedo – associate a opportune scelte di arredo e materiali, si possano raggiungere obiettivi di benessere ambientale e psicofisico. Appaiono rilevanti le strategie progettuali che sfruttano gli elementi della natura come espediente tecnologico, come il design biofilico, compresi gli interventi di rinaturalizzazione, riforestazione e autoproduzione alimentare. Oltre alle evidenti ricadute ambientali in termini di biodiversità, qualità dell'aria, permeabilità del suolo e gestione delle acque, tali soluzioni consentono una elevata evo-traspirazione con conseguente diminuzione delle temperature medie in ambiente costruito, raffrescamento e naturale ombreggiamento. Qui l'elemento tecnologico assume maggiore forza quando il design biofilico è applicato ai sistemi di facciata e copertura, migliorando le prestazioni di isolamento termico degli edifici. Soluzioni simili

sono spesso integrate al tema dell'autoproduzione alimentare, che determina un valore aggiunto in termini di transizione energetica, abbattendo drasticamente i costi legati al trasporto e alla conservazione dei cibi freschi, ma anche di partecipazione attiva dei residenti nella cura e gestione del giardino produttivo, pensile o orizzontale.

Il valore delle soluzioni qui presentate, che rappresenta una minima parte del panorama progettuale e tecnologico contemporaneo, fornisce al contempo esempi concreti di design per la transizione energetica con una forte valenza di innovazione sociale e qualità spaziale. In particolare, gli spazi e i sub-spazi generati da tali approcci non si limitano a produrre energia e contenere i consumi, alimentando forme edificanti di gestione condivisa che suggeriscono usi spontanei e imprevisi, disordinati e flessibili, adattivi sul piano ambientale, culturale e identitario.

of informal design, accessible to the entire community of citizens and able to activate dynamic processes of urban regeneration [...]» (Bianchi, 2022). The aim of technological design to integrate environmental and energy performance into projects of physical and social quality does not, therefore, exclude the adoption of smart urban furniture, suggesting greater integration with alternative and unusual processes. These include the use of kinetic energy as a sustainable energy source, which technological advancement allows to be harnessed in urban public spaces and mobility through walking. The kinetic surfaces (Figs. 3, 4), used in the ground project as pavement inserts in pavements, cycle paths, playgrounds or walkways can produce between 5 and 7 watts per step, which power a LED bulb for public lighting for 30 seconds. This solution, tested at the

London Olympics, lends itself to off-site systems with either autonomous or grid-connected accumulators and batteries. Despite not being participatory, this solution is equally interactive, geared towards the gamification of the space thus created. The city's ecological transition strategies cannot disregard the adoption of consumption containment measures, which at the urban scale go hand in hand with sustainable regeneration, configuring public space as a true technological device for environmental mitigation and thermoregulation. Several authors (Dessi and Rogora, 2005; Ottone and Cocci Grifoni, 2017) point out how environmental and psychophysical well-being objectives can be achieved by adopting appropriate technical and technological criteria for the bioclimatic control of urban design – shading, evapotranspiration, albedo – associated with ap-

propriate choices of furnishings and materials. Design strategies that exploit nature's elements as a technological expedient, such as biophilic design, including renaturation, reforestation, and self-production of food, appear relevant. In addition to the obvious environmental benefits in terms of biodiversity, air quality, soil permeability and water management, such solutions allow for high evapotranspiration resulting in lower average temperatures in the built environment, cooling and natural shading. Here the technological element takes on greater strength when the biophilic design is applied to façade and roof systems, improving the thermal insulation performance of buildings. Similar solutions are often integrated with the theme of food self-production, which is an added value in terms of the energy transition, drastically reducing costs related to the

transport and preservation of fresh food, but also of active participation of residents in the care and management of the productive garden, either rooftop or horizontal.

The value of the solutions presented here, which represent a tiny fraction of the contemporary design and technology landscape, also provides concrete examples of design for energy transition with a strong value of social innovation and spatial quality. In particular, the spaces and sub-spaces generated by such approaches are not limited to producing energy and containing consumption but nurture edifying forms of shared management that suggest spontaneous and unforeseen uses, which are messy, flexible and adaptive environmentally, culturally and in terms of identity.

Conclusions



Conclusioni

Il campo del design tecnologico, uno dei grandi temi della contemporaneità, trova applicazione oltre che negli oggetti e nelle azioni della vita quotidiana, anche nei sistemi e nei servizi più articolati, spesso determinando la diffusione e la normalizzazione di nuove tecnologie innovative. Ciò incide sulla qualità della vita delle persone, sostenendo un'ideale di "tecnologia calma", ossia non ostentativa, iper-prestazionale e distante dalle reali esigenze degli utenti. Al contrario, si orienta verso un reale riconoscimento del ruolo del design, che è tale «[...] solo quando agiscono forti interazioni fra scoperta scientifica, applicazione tecnologica, buon disegno ed effetto sociale positivo [...]» (Koenig, 1984).

Il ruolo del design tecnologico nel processo di transizione energetica è connotato, pertanto, da una doppia valenza, tangibile e intangibile, di progetto e di processo, che proietta l'innovazione verso una dimensione flessibile e adattiva. La scarsità di risorse cui questo approccio progettuale tende non si limita a fornire soluzioni in materia di energia rinnovabile, ma a innescare

processi di auto-determinazione nell'uso e nella gestione di tali risorse, rafforzando il concetto di città e spazio urbano come bene comune (Errante, 2019).

La discussione sull'integrazione del design tecnologico in tali processi di gestione condivisa e autoproduzione è oggi inderogabile e corrisponde alla necessità di consentire alle comunità, in modo democratico e orizzontale, di orientare la transizione energetica del proprio spazio di vita, dalla casa al quartiere, secondo i propri strumenti e possibilità. Non a caso, se la tecnologia offre molteplici soluzioni funzionali alla produzione e al contenimento energetico, i diversi approcci del design sono in grado di aumentarne il valore. Nella disamina di principi e criteri proposta dal contributo, ricorrono spesso i suffissi Auto- e Co- che esprimono la prospettiva di un maggiore coinvolgimento delle comunità in forme più o meno dirette e appare impensabile sfuggire a una tale richiesta di partecipazione attiva nel ripensamento delle politiche di transizione energetica delle città. D'altra parte, le iniziative già intraprese su base spontanea dimostrano non solo le modalità di riappropriazione strategica

The field of technological design, one of the great themes of contemporary life, is applied not only in the objects and actions of everyday life but also in more complex systems and services, often leading to the dissemination and standardisation of new innovative technologies. The idea of 'calm technology' has an impact on people's quality of life as it is neither ostentatious, nor over-performing, nor distant from the actual needs of users. Instead, it moves towards a genuine recognition of the role of design, which is such «[...] only when there is a strong interaction between scientific discovery, technological application, good design, and positive social effect [...]» (Koenig, 1984).

The role of technological design in the energy transition process has a double valence, tangible and intangible, of design and process, projecting inno-

vation towards a flexible and adaptive dimension. The scarcity of resources addressed by this design approach is not limited to providing renewable energy solutions but to triggering self-determination processes to use and manage such resources, reinforcing the concept of the city and urban space as a common good (Errante, 2019).

The discussion on the integration of technological design in such processes of shared management and self-determination is now imperative, and embraces the need to enable communities, both democratically and horizontally, to direct the energy transition of their living space from the home to the neighborhood, according to their tools and possibilities. It is no coincidence that if the technology offers multiple functional solutions to energy production and containment, different design approaches can increase its value. The

suffices Auto- and Co- are often recurrent in the examination of principles and criteria proposed by the paper, expressing the prospect of greater community involvement in direct forms. It seems unthinkable to escape such a demand for active participation in the rethinking of energy transition policies for cities. On the other hand, the spontaneous initiatives already undertaken demonstrate not only the ways of strategic re-appropriation of the city but also the normalisation of sustainable behaviour. The multifunctional nature of urban activities allows the adoption of heterogeneous means such as, for instance, the rapid spread of electric means of transport.

Other than allowing a general improvement in the socio-economic condition of communities, the contemporary challenge is to integrate this dimension of sustainability with

the environmental one to protect land and resources. «[...] The challenge is to enrich our lives with intelligent devices able to accompany us in our activities, endowed with capabilities complementary to our own, able to give us more results, more well-being, more choices [...]» (Donald A. Norman, 2008). In this direction, Goal 11 of the 2030 Agenda pays special attention to the sustainability of the transport system, urbanisation and buildings, and to the per-capita environmental impact of cities through climate change-oriented policies, resource efficiency and resilience. These goals are already at the core of the actions encompassed by the PNRR.

della città, quanto anche di normalizzazione di comportamenti sostenibili. In tal senso, la multifunzionalità delle attività urbane consente di adottare mezzi altrettanto eterogenei: basti pensare alla rapida diffusione dei mezzi di trasporto elettrici. Se ciò ha permesso un generale miglioramento della condizione socioeconomica delle comunità, la sfida contemporanea consiste nell'integrare tale dimensione della sostenibilità con quella ambientale, per la tutela del territorio e delle risorse. «[...] La sfida sta nell'arricchire le nostre vite di dispositivi intelligenti capaci di accompagnarci nelle nostre attività, dotati di capacità complementari alle nostre, capaci di farci avere più risultati, più benessere, più scelte [...]» (Norman, 2008). In questa direzione, l'Obiettivo 11 dell'Agenda 2030, che pone particolare attenzione alla sostenibilità del sistema di trasporto, dell'urbanizzazione e degli edifici, dell'impatto ambientale pro capite delle città attraverso politiche orientate a fronteggiare il cambiamento climatico, all'efficienza delle risorse e alla resilienza. Obiettivi, questi, già al centro delle azioni previste dal PNRR.

ATTRIBUZIONE E RICONOSCIMENTI

Il contributo è stato redatto ed elaborato congiuntamente. In particolare, Lidia Errante ha approfondito i paragrafi "Guardare indietro per andare avanti" e "Verso il progetto di rigenerazione adattiva", mentre l'editing è da attribuire a entrambi gli autori.

REFERENCES

Bianchi, R. (2022), *La dimensione attiva del progetto. Strategie di allestimento e re-design dello spazio pubblico*. Rubbettino.

ATTRIBUTIONS AND ACKNOWLEDGEMENTS

The paper was jointly written and prepared. Lidia Errante authored paragraphs "Guardare indietro per andare avanti" and "Verso il progetto di rigenerazione adattiva", while editing was carried out by both authors.

Dessi, V. and Rogora, A. (2005), *Il comfort ambientale negli spazi aperti*. Edicom Edizioni.

Enea (2022), "Rapporto annuale efficienza energetica 2021".

Errante, L. (2019), "Public space and its challenges. A palimpsest for urban commons" in: Benincasa, Neri and Trimarchi (Eds.), *Art and Economics in the City (191-204)*, Bielefeld: transcript Verlag.

Friedman, Y. (2012), *Alternative energetiche. Breviario per l'autosufficienza locale*, Bollati Boringhieri.

Koenig, G.K. (1984), *Design: rivoluzione, evoluzione o involuzione?*, Ottogono, 1983, 6.

Latouche, S. (2006), *La scommessa della decrescita*. Feltrinelli.

Latouche, S., Faletta, M. (2019) *Hyperpolis. Architettura e capitale*, Meltemi.

Legambiente (2022), *Comunità rinnovabili*.

Manzini, E. (2021), *Abitare la prossimità, Idee per la città dei 15 minuti*. Egea.

Manzini E. and Pizzocaro S., "Ricerca, disegno industriale e innovazione" in Cecchini C. and D'Alessandro M. (Eds.) *Le modificazioni di un mestiere. Il ruolo del designer*, Q-Disegno industriale, Roma, Gangemi editore.

Norman, D.A. (2008), *Il design del futuro*, Apogeo, Milano, pp. 132.

Ottone, F. and Cocci Grifoni, R. (2017), *Urban Technologies. Built and unbuilt spaces for open spaces configurations*. LIST Lab.

Rampino, L. (2007), "Fenomenologia dell'innovazione di design", in Maiocchi M. (Ed.), *Il Design e la strategia aziendale*, Maggioli Editore, Santarcangelo di Romagna, pp. 30-43

Ratti, C. (2014) *Architettura Open Source. Verso una progettazione aperta*. Einaudi.

Sendra, P. and Sennett, R. (2022). *Progettare il disordine. Idee per la città del XXI secolo*. Treccani.

Simon Herbert A. 1996, *The scientist of artificial*, 3rd Ed, Cambridge, MA, MIT Press.

Francesca De Filippi, <https://orcid.org/0000-0002-8236-3862>
Carmelo Carbone, <https://orcid.org/0009-0006-0248-0804>
Dipartimento di Architettura e Design, Politecnico di Torino, Italia

francesca.defilippi@polito.it
carmelo.carbone@polito.it

Abstract. Il presente contributo è riferito all'ambito di ricerca e applicazione dei Positive Energy Buildings (PEBs) e Districts (PEDs) e intende esplorare lo stato dell'arte nell'uso delle analisi LCA in materia di impatti energetici e emissioni di CO_{2eq}. Con l'obiettivo di comprendere l'evoluzione del dibattito su PEBs e PEDs e il loro recepimento e attuazione, viene effettuata un'analisi della letteratura scientifica, di programmi, standard e normative esistenti. Tale analisi intende contribuire a una migliore definizione del perimetro di applicabilità e di valutazione dei PEBs/PEDs, utilizzando la lente del *Life Cycle Assessment*, da estendere oltre la sola fase di uso. Lo studio permette altresì di evidenziare i principali *gap* e gli aspetti da incentivare per favorirne la diffusione.

Parole chiave: *Positive energy buildings; Positive energy districts; Regenerative architecture; Net-positive architecture; Life Cycle Assessment.*

Introduzione

Il contesto ambientale e il paradigma rigenerativo

Il Regenerative – o *Net-positive* – design rappresenta lo step successivo al paradigma *Net Zero*: una evoluzione del concetto di sostenibilità che non mira alla sola riduzione degli impatti ambientali, ma a produrre benefici per i sistemi sociali, tecnici ed ecologici (Mang and Reed, 2012).

La definizione di Positive design estende, quindi, l'analisi del bilancio degli impatti all'intero ciclo di vita del prodotto e, potenzialmente, agli eventuali impatti pre-sviluppo (Cole and Fedoruk, 2014).

L'energia necessaria durante il ciclo di vita di un manufatto comprende la *Lifecycle Embodied Energy* (LCEE) e la *Operational Energy* (OE). Analogo discorso riguarda le emissioni di CO₂ (o CO_{2eq}). L'EE è generalmente inferiore alla OE, e pertanto viene spesso trascurata; con l'emergere dell'attenzione verso gli NZEBs – *Net Zero Energy Buildings* assume una maggiore rilevanza, rappresentando fino a circa il 46% degli impatti energetici (Dixit, 2017).

Positive Energy Buildings and Districts beyond the NZEB paradigm: towards a whole-life approach

Abstract. This paper focuses on the research topic and application of Positive Energy Buildings (PEBs) and Districts (PEDs), and explores the state-of-the-art in the use of LCA analyses on energy impact and CO_{2eq} emissions. An analysis of the scientific literature and existing programmes, standards and regulations is carried out to understand the evolution of the debate on PEBs and PEDs and their implementation. This analysis allows to better define the scope of applicability and assessment of PEBs/PEDs through the lens of the Life Cycle Assessment to extend its definition beyond the sole usage phase. The study also highlights the main gaps and the aspects to be encouraged to promote their diffusion.

Keywords: Positive energy buildings; Positive energy districts; Regenerative architecture; Net-positive architecture; Life Cycle Assessment.

Sebbene il paradigma rigenerativo riguardi ambiti che vanno oltre la valutazione energetica e delle emissioni di CO₂ (consumo d'acqua, emissioni di inquinanti, impatti sociali, economici, etc.), il presente contributo si concentra sul tema dei Positive Energy Buildings (PEBs) e Districts (PEDs) e intende esplorare lo stato dell'arte nell'applicazione delle analisi LCA – *Life Cycle Assessment* in materia di impatti energetici e emissioni di CO_{2eq}. Tale approfondimento vuole contribuire a una definizione di PEBs e PEDs che vada oltre la sola fase d'uso del manufatto, oggi assente, estendendo l'analisi del bilancio degli impatti all'intero ciclo di vita. Il contributo intende, inoltre, individuare i *gap* e gli ostacoli che ne limitano la diffusione.

Da Net Zero a Positive Energy Buildings

La maggior parte della letteratura su (Net)PEBs, convenzionalmente descritti come edifici che producono più energia di quella che consumano, li colloca in analogia agli NZEBs e li considera guidati dai medesimi principi. Sebbene NZEBs e NPEBs condividano molte caratteristiche, esistono molteplici differenze tra loro: all'interno della rete di scambio di energia, il periodo di riferimento del bilancio, la valutazione sistemica della performance, il comportamento dell'utente e l'impatto ambientale della produzione energetica (Cole and Fedoruk, 2014).

Pertanto, una analogia tra NZEBs e NPEBs non pare pienamente accurata.

In Europa, i concetti di *Nearly* e *Net ZEB* sono stati definiti all'interno dell'*Energy Performance of Buildings Directive* (EPBD). Il Parlamento Europeo ha richiesto che dal 2020 tutti i nuovi edifici si conformino a tali standard; l'esatta definizione

Introduction

The environmental context and the regenerative paradigm

Regenerative – or *Net-positive* – design is the next step to the *Net Zero* paradigm, an evolution of the concept of sustainability that, instead of aiming at reducing environmental impacts, seeks to produce benefits for social, technical and ecological systems (Mang and Reed, 2012).

The definition of Positive design, therefore, extends the analysis of the balance of impact to the entire product lifecycle and, potentially, to any pre-development impacts (Cole and Fedoruk, 2014).

The energy required in the entire lifecycle of a product includes the *Lifecycle Embodied Energy* – LCEE and the *Operational Energy* – OE. The same applies to CO₂ emissions (or CO_{2eq}). EE is generally lower than OE, but with

the emergence of NZEBs – *Net Zero Energy Buildings*, it assumes greater relevance, accounting for up to about 46% of energy impacts on the lifecycle (Dixit, 2017).

Although the regenerative paradigm concerns issues that go beyond energy assessment and CO₂ emissions (water consumption, emissions of pollutants, social and economic impacts, etc.), this paper focuses on Positive Energy Buildings (PEBs) and Districts (PEDs) to explore the state-of-the-art in applying LCA analysis on energy impacts and CO_{2eq} emissions.

This in-depth study contributes to a definition of PEBs and PEDs that goes beyond the usage phase of the building, which is currently missing, extending the analysis of the impact balance to the entire lifecycle. It also identifies the gaps and obstacles that limit their diffusion.

ne dei termini viene poi delegata agli Stati Membri (European Commission, 2010).

I termini PEBs o PEDs, invece, non sono stati ancora definiti dalla normativa UE (Tuerk *et al.*, 2021), sebbene numerose definizioni, non sempre convergenti, esistano in letteratura e alcuni Stati abbiano individuato obiettivi che vanno oltre i requisiti NZEB (es., PEBs in Danimarca e Francia, climate neutral new buildings in Germania e zero carbon standards nell'UK) (D'Agostino and Zangheri, 2016). Esistono, tuttavia, indicazioni che presumono l'introduzione di linee guida e obiettivi per la prossima stesura della EPBD nel 2026 (Magrini *et al.*, 2020).

Gaps di ricerca e barriere applicative

Vengono rilevati numerosi limiti allo sviluppo di PEBs e PEDs che richiedono approfondimenti della ricerca, delle metodologie di valutazione, delle prassi progettuali, costruttive e di utilizzo, nonché la trasformazione del contesto normativo, tecnologico-infrastrutturale e socio-economico (Tab. 1).

Metodologia di ricerca

La literature review e il Lifecycle approach

Con l'obiettivo di comprendere l'evoluzione del dibattito su PEBs e PEDs e il loro recepimento e attuazione, viene effettuata una analisi della letteratura scientifica e di programmi, standard e normative esistenti (Fig. 1).

Una prima ricerca ha condotto alla selezione di oltre 60 articoli su PEBs e PEDs; su 40 dei quali viene effettuata una analisi comparativa.

Per quanto riguarda programmi, standards e normative, dopo un'indagine su riviste scientifiche di settore, ne è seguita una

From Net Zero to Positive Energy Buildings

Most literature on (Net)PEBs, conventionally described as buildings that produce more energy than they consume, place them in analogy to NZEBs and consider them guided by the same principles. Although NZEBs and NPEBs share many characteristics, there are many differences between them, precisely within the energy trading network, the calculation period, the systemic assessment of performance, user behaviour and the environmental impact of energy production (Cole and Fedoruk, 2014). Therefore, an analogy between NZEBs and NPEBs is not fully accurate.

In Europe, the concepts of Nearly and Net ZEB have been defined within the Energy Performance of Buildings Directive (EPBD). The European Parliament has required all new buildings

to comply with these standards from 2020; the exact definition of the terms is delegated to the Member States (European Commission, 2010).

On the other hand, the terms PEBs or PEDs have yet to be defined by EU legislation (Tuerk A. *et al.*, 2021), although numerous definitions, not always convergent, exist in the literature, and some States have identified objectives beyond the NZEB requirements (e.g., PEBs in Denmark and France, climate-neutral new buildings in Germany, and zero carbon standards in the UK) (D'Agostino and Zangheri, 2016). However, indications assume the introduction of guidelines and targets for the next draft of the EPBD in 2026 (Magrini *et al.*, 2020).

Research gaps and application barriers

There are several limitations to developing PEBs and PEDs. These gaps con-

specific per ogni stato membro dell'UE, luogo in cui PEBs e PEDs risultano maggiormente discussi (Hawila *et al.*, 2022).

Sia per l'analisi della letteratura che di programmi, standard e normative, una parte degli articoli analizzati viene scartata in quanto non esplicitamente riferita al paradigma *Net-positive* (es., *Net Zero*) o carente di approfondimento su aspetti *energy-positive*; vengono inoltre tralasciati studi relativi a singole tecnologie o semplici simulazioni di calcolo.

Dai riferimenti analizzati vengono evidenziati i temi centrali riguardanti l'analisi del ciclo di vita (LCA), gli elementi di convergenza e divergenza.

Risultati

Literature review

Per ciascuna fonte analizzata vengono raccolte informazioni ritenute rilevanti per una migliore descrizione dei PEBs e PEDs e dello stato dell'arte del dibattito scientifico sul paradigma *energy-positive* (Fig. 2).

L'analisi degli argomenti trattati suggerisce come, se le ricerche su PEBs e PEDs ne approfondiscono la comprensione, le esperienze di applicazione di tali principi, specialmente secondo un approccio LCA, risultino rare.

Successivamente vengono analizzati i perimetri di valutazione come definiti nei rispettivi articoli (Fig. 3), che delimitano la metodologia di calcolo e i confini del sistema. Questi risultano molteplici, sebbene si riconosca una prevalenza di analisi riguardanti edifici nuovi e riqualificati, il cui bilancio energetico viene valutato in fase operativa su base annuale, comprendendo consumi e produzioni in situ per usi finali (es., Heating, Ventilation and Air Conditioning, Domestic Hot Water, Lighting, Plug load/Appliances).

cern the need for in-depth research, evaluation methodologies, design, construction and use practices, and the transformation of the regulatory, technological-infrastructural and socio-economic context (Tab. 1).

Research methodology

The literature review and the Lifecycle approach

An analysis of the scientific literature and existing programmes, standards and regulations is carried out to understand the evolution of the debate on PEBs and PEDs and their application (Fig. 1).

An initial search led to the selection of over 60 articles on PEBs and PEDs, and a comparative analysis was carried out on 40 of them.

Regarding programmes, standards, and regulations, after a general search in scientific journals of the sector, a

specific investigation was carried out for each EU member state, as Europe is the place where PEBs and PEDs are most discussed (Hawila *et al.*, 2022).

Both for the literature analysis and for that of programmes, standards and regulations, part of the articles studied are discarded as they either do not explicitly refer to the Net-positive paradigm (e.g., Net Zero) or they lack in-depth analysis on energy-positive aspects, studies relating to single technologies or simple calculation simulations.

The references considered highlight the issues of debate concerning the lifecycle analysis (LCA), as well as the elements of convergence and divergence.

Results

Literature review

For each reference, the relevant information is collected to allow a better de-

MAIN BARRIERS**RESEARCH:**

- Lack of studies that provide a holistic/broad PEB definition framework. (Ala-Juusela, M.; Rehman, H.u.; Hukkalainen, M.; Reda, F., 2021)
- Lack of research on LCA and LCC for PEBs. (Kumar, G.M.S.; Cao, S., 2021)
- Lack of understanding of contributions in the energy balance and RE production. (Hawila A. A. W. *et al.*, 2022)
- Lack of understanding of the role of energy communities and PEB/PED for decarbonization, and
- Lack of access to real-time data or generation capacity and spatial limitations. (Tuerk A. *et al.*, 2021)
- Need for testing performance in use by monitoring energy use and system performance. (Jones P. *et al.*, 2020)

ASSESSMENT:

- Need for a comprehensive framework of evaluation (physical boundaries, balance contributions, main metrics, balancing period, and amount of surplus energy). (Hawila A. A. W. *et al.*, 2022)
- Need for targets and threshold limits. (Ala-Juusela M. *et al.*, 2016)
- Lack of a common approach for carbon emissions calculations (e.g., the three-scope emission classification). Demand for a quantitative (universal) definition for objectively evaluating PEDs. (Albert-Seifried V. *et al.*, 2021)
- Lack of insight into the performance during the year on a monthly, weekly and daily basis. (Ala-Juusela, M.; Rehman, H.u.; Hukkalainen, M.; Reda, F. 2021)
- Demand for a more "dynamic" view of the building (e.g., generation–consumption matching), and
- Inaccurate weather data (present and future) and influence of weather conditions. (Kolokotsa D. *et al.*, 2011)
- Lack of focus on lowering the building energy need and increasing on-site generation systems efficiencies, and
- Lack of building performance quality. (Heiselberg, P. K. (Ed.) 2016)
- Lack of analysis of load matching and grid interaction. (Voss K. *et al.*, 2012)
- Overestimation of the techno-economic performance. (Kumar, G.M.S.; Cao, S. 2021)
- Restriction of the scope of analysis to building-connected energy demand in PED energy performance. (Karen Williams *et al.*, 2022)

DESIGN, CONSTRUCTION AND USE:

- Lack of integrated planning. (Boll J. R. *et al.* 2021)
- Lack of analysis of technological approaches and urban contexts. (Hedman A. *et al.*, 2021)
- Need of integrators and service providers, and
- Lack of competences and skills needed for realizing the integrated service with product's pricing. (Ala-Juusela M., Tuerk A., 2022)
- Need for construction industry experience; vocational training and capacity building. (Kumar, G.M.S.; Cao, S. 2021)
- The unpredictability of user action. (Kolokotsa D. *et al.*, 2011)

GOVERNANCE AND REGULATION:

- Need for a clear PED definition and boundaries. (Karen Williams *et al.*, 2022)
- Current immaturity and unpredictability of the regulations in the EU. (Ala-Juusela M., Tuerk A., 2022)
- Need for integration of EU regulatory approach for RE and common indoor environment requirements in buildings in the EU and at the district level. (Boll J. R., *et al.*, 2021)
- Need for standardization in the EU energy community (and self-consumption) provisions. (Tuerk A. *et al.*, 2021)
- Lack of governmental and institutional support, and standards. (Takva C., Caliskan B. C., Cakici F., Z., 2022)
- Lack of policymakers' awareness of inertia to changes. (Uspenskaia, D. *et al.*, 2021)

INFRASTRUCTURE AND TECHNOLOGY:

- Inadequacy of infrastructure. (Takva C., Caliskan B. C., Cakici F. Z., 2022)
- Need for higher energy-efficient buildings, use RE sources, cascading local energy flows by making use of any surpluses, and
- Need for smarter controls to match demand and supply, minimize the liability on the grid and maximize the effectiveness of PED. (Hedman A. *et al.*, 2021)
- Need to optimize the energy system at a district level. (Karen Williams *et al.*, 2022)
- Overload of networks due to surplus electricity production with low national demand and lack of storage, and
- Interaction between new buildings and existing building stock. [Technical energy and urban integration] (Ala-Juusela M. *et al.*, 2016)
- Atypical availability of renewable energy. (Kolokotsa D. *et al.*, 2011)

SOCIAL AND ECONOMICAL DIMENSION:

- Lack of customer, user, and politicians' awareness. (Heiselberg, P. K. (Ed.) 2016)
- Economic viability. (Uspenskaia, D. *et al.*, 2021)
- Social and cultural resistance to initial costs. (Kumar, G.M.S.; Cao, S. 2021)
- Social (stakeholder and citizen engagement), and
- Market (funding, markets, and business models). (Krangsaas, S.G. *et al.*, 2021)

scription of PEBs and PEDs and to favour a definition of the in-depth state of the energy-positive paradigm (Fig. 2). The analysis of the topics covered suggests that, while the research on PEBs and PEDs deepens their understanding, experiences concerning implementation of these principles, especially according to an LCA approach, are rare.

Subsequently, the scope of assessment defined in the respective articles is analysed (Fig. 3), delimiting the calculation methodology and the boundaries of the system. The assessment boundary used by the various studies is manifold. However, a prevalence of analyses concerning new and refurbished buildings

is recognised, whose energy balance is evaluated in the operational phase on an annual basis, including on-site consumption and production for the following final uses: Heating, Ventilation and Air Conditioning, Domestic Hot Water, Lighting, Plug loads/Appliances.

Programmes, Standards and Regulations

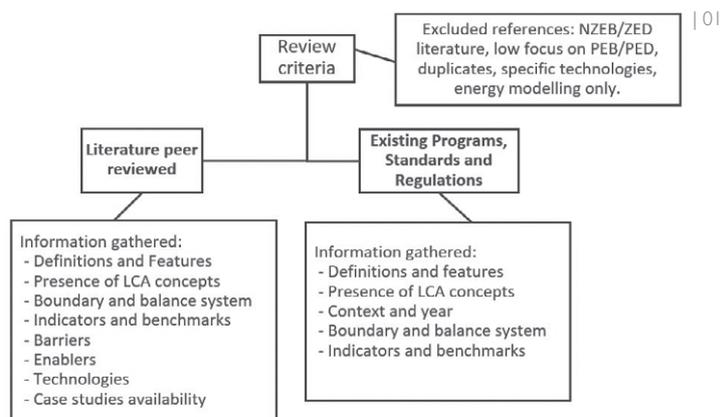
The research provided an overview of ongoing experiences by collecting existing programmes and standards (Tab 2).

As anticipated, Europe is the geographical area where PEBs and PEDs are most discussed, particularly in the

01 | Schema sulla metodologia di ricerca
Outline on research methodology

02 | Contenuto degli articoli
Article's content

03 | Perimetro di valutazione negli articoli analizzati. * Se non specificato inclusi in questo gruppo. **Alcuni studi utilizzavano vari perimetri. A=Any; N=New; R=Retrofit; O=Operational; W=Whole-Life; Y=Year; ON=On-site; All=HVAC, DHW, Lighting, Plug load/Appliances
Scope of assessment in the analysed articles * Included in this group if not specified. ** Some studies used various scopes. A=Any; N=New; R=Retrofit; O=Operational; W=Whole-Life; Y=Year; ON=On-site; All=HVAC, DHW, Lighting, Plug load/Appliances



Programmi, Standards e Quadro Normativo

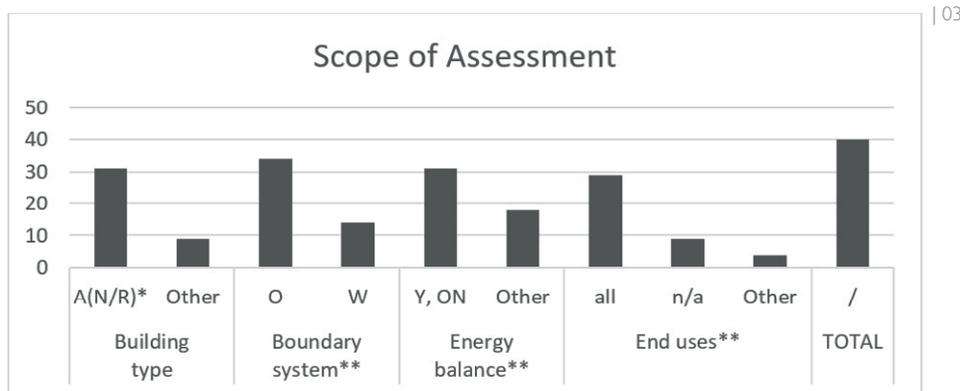
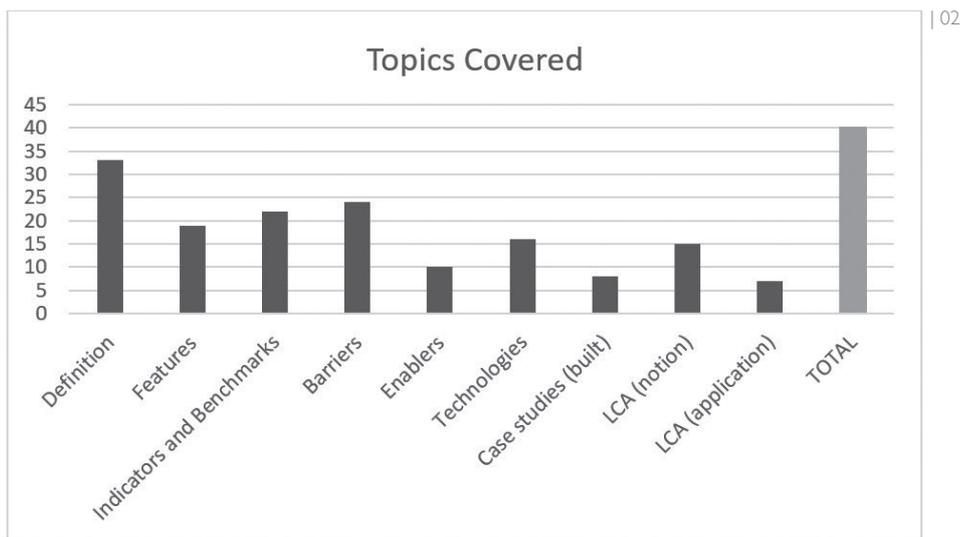
La ricerca ha consentito di costruire un quadro sulle esperienze in atto, attraverso la raccolta di programmi e standard esistenti (Tab 2).

Come anticipato, l'Europa risulta l'area geografica in cui PEBs e PEDs vengono maggiormente discussi, in particolare nell'ambito dei PED Programme (SET)-Plan Action 3.2 e Horizon 2020 Framework Programme – Smart Cities and Communities. Ulteriori iniziative a livello nazionale si ritrovano in Austria, Germania e Francia.

Contestualmente, vengono individuati standard nazionali e internazionali, con l'obiettivo di certificare progetti *energy positive*.

Mentre dal 2009 gli standard NZEB iniziano a far parte del quadro normativo degli Stati, ad oggi, non vengono reperite normative nazionali che vincolino la costruzione a standard PEBs e PEDs. La normativa Francese RE2020 (MTE, 2020), per esempio, più volte indicata in letteratura in quanto impone standard *Net-positive*, non pare riportare tali obblighi.

Menzioni rispetto PEBs e PEDs vengono rilevate nei *National Energy and Climate Plans* di Austria, Belgio, Francia e Lussemburgo (European Commission). Infine, ulteriori definizioni *Net-positive* vengono evidenziate in Svizzera (Hermelink A. *et al.*, 2012).



Programs	Building type	Boundary System	Energy Balance	End Uses
Atelier, 2019, EU	A (N/R)	O, /	M/Y, ON/OFF	all
COST Action PED-EUNET, 2020, EU	A (N/R)	O, /	Y, ON/OFF	n/a
Cultural-E, 2019, EU	A (N/R)	O, /	Y, ON	all
EEPOS, 2012, EU	A (N/R)	O, /	Y, ON	n/a
EXCESS, 2019, EU	A (N/R)	O, /	Y, ON	n/a
Making-city, 2018, EU	A (N/R)	O, /	Y, ON	n/a
Pocityf, 2019, EU	A (R)	O, /	Y, ON	n/a
PED Programme, (SET)-Plan, Act. 3.2, 2015, EU	A (N/R)	O, /	Y, ON	n/a
SPARCS, 2019, EU	A (N/R)	O, /	Y, ON	n/a
Syn.ikia, n/a, EU	A (N)	O, /	Y, ON	n/a
+CityXChange, 2018, EU	A (N/R)	O, /	Y, ON	all
Plusenergiehaus, 2008, AT	A (N/R)	O, /	Y, ON	n/a
Zukunftsquartier (City of tomorrow), 2019, AT	A (N/R)	W, 40Y*	Y, ON	n/a
Effizienzhaus Plus, 2011, DE	A (N/R)	O, /	Y, ON	all
COMEPOS, 2013, FR	RE (N/R)	O, /	Y/M/W/D, ON	n/a
Standard / Rating system				
Living Building Challenge – LBC, 2019, INTL	A (N/R)	W, n/a	Y, ON	n/a
Passivehouse standard Premium, 2015, INTL	RE, AD (N/R)	O, /	Y, n/a	all
Bepos+ Effinergie, 2017, FR	A (N)	O, 50Y	Y, ON	all
E+C- (Bâtiment à Énergie Positive & Réduction Carbone, lev. 4), 2016, FR	A (N)	W, 50Y	Y, ON	n/a
Climate Positive award, n/a, DE	A (N/R)	O, /	Y, ON	all
Powerhouse Paris Proof, 2019, NO	OF, ED, (N/R)	W, 60Y	Y, ON	All, plug load excluded
Minergie A, 2011, CH	A (N/R)	W, n/a	Y, ON	Building related and auxiliary

Lifecycle PEBs e PEDs in letteratura

Il confronto tra il perimetro di valutazione descritto in articoli, programmi e standard non esprime un quadro pienamente sovrapponibile. Risultano maggiori sovrapposizioni tra articoli e programmi, sebbene raramente questi ultimi facciano esplicito riferimento agli usi finali considerati nel bilancio. Gli standard analizzati, invece, utilizzano un perimetro più incentrato su un

context of the PED Programme (SET)-Plan Action 3.2, and Horizon 2020 Framework Programme – Smart Cities and Communities. Further initiatives at a national level can be found in Austria, Germany, and France.

At the same time, nationally and internationally recognised standards are identified to certify energy-positive projects.

While the NZEB standards have become part of the regulatory framework of the States since 2009, to date, no national regulations have been found that oblige construction according to PEBs and PEDs standards. The French RE2020 regulation (MTE, 2020), for example, repeatedly indicated in the literature as imposing Net-positive standards, does not appear to include such obligations.

PEBs and PEDs are mentioned in the *National Energy and Climate Plans* of

Austria, Belgium, France, and Luxembourg (European Commission). Finally, further Net-positive definitions are highlighted in Switzerland (Hermelink *et al.*, 2012).

Lifecycle PEBs and PEDs in the literature

The comparison between the scope of assessment described in articles, programmes and standards does not express a fully overlapping picture. There is more overlap between articles and programmes, although programmes rarely explain in detail the end uses considered in the assessment. On the other hand, the standards analysed use a boundary more focused on a whole-life approach and on the analysis of specific types of buildings (Fig. 5). However, the boundary system used in the evaluation does not seem either transparent or standardised.

approccio *whole-life* e sull'analisi di specifiche tipologie di edifici (Fig. 5). Tuttavia, il *boundary system* risulta poco trasparente o standardizzato.

Le valutazioni sul ciclo di vita vengono spesso riferite al *Lifecycle Cost*, nonostante una parte consistente di fonti ne riconosca l'importanza anche dal punto di vista energetico.

Dal quadro di insieme, riferito ad articoli e standard, è possibile

Lifecycle assessments often refer to the Lifecycle Cost, though a substantial part of sources recognise its importance also from an energy point of view. Considering the overall picture, it is possible to intuit a prevalence in the debate (articles) of the theme of PEBs over PEDs, as it takes place within the market of environmental certifications (standards). Regarding government programmes, the EU's push on PEDs is essential.

A Lifecycle PEB defines an energy-efficient building that produces more energy from on-site renewable sources than is needed in all phases of the building's lifecycle, with high self-consumption and energy flexibility (Ala-Juusela M., 2021; Powerhouse, 2023). The lifecycle analysis consists of the addition to the operational phase of the LCEE, i.e., Initial, Recurrent and Demolition Embodied Energy calcu-

lated within standard EN 15978:2011. The calculation is performed on the Bill of Quantity and includes construction waste.

The energy balance (of final energy, primary non-renewable or total) can be verified over the entire lifecycle of the building (e.g., 50 years) or on an annual basis, and is mainly calculated between energy consumption and generation but it can also concern grid import and export (Barrutieta *et al.*, 2023).

Furthermore, it is possible to distinguish between physical and balance boundary (Voss *et al.*, 2012), with differences between on-site and off-site productions and a match between import and export. In most cases, the operational energy balance is calculated annually, although there are cases of monthly or daily balances. The end uses included in the balance may

intuire una prevalenza nel dibattito del tema dei PEBs sui PEDs, così' come all'interno del mercato delle certificazioni ambientali. Per quanto riguarda i programmi di governo risulta invece importante la spinta dell'UE sui PEDs.

Un *Lifecycle* PEB definisce un edificio energeticamente efficiente che produce, tramite fonti rinnovabili in loco, più energia di quella necessaria in tutte le fasi del ciclo di vita dell'edificio con elevato auto-consumo e flessibilità energetica (Ala Juusela, 2021; Powerhouse, 2023).

L'analisi sul ciclo di vita è costituito dall'aggiunta, alla fase *operational*, della LCEE, ovvero *Initial*, *Recurrent* e *Demolition Embodied Energy* calcolabile all'interno del framework EN 15978:2011. Il calcolo viene eseguito sulla *Bill of Quantity* e comprende la quota di materiale destinata a sfrido durante le operazioni di cantiere.

Il bilancio energetico (di energia finale, primaria non-rinnovabile o totale) può essere verificato sull'intero ciclo di vita dell'edificio (es. 50 anni) o su base annua, e viene principalmente calcolato tra *energy consumption* e *generation*, ma può anche riguardare *grid import* e *export* (Barrutieta *et al.*, 2023).

Inoltre, è possibile distinguere tra *physical* e *balance boundary* (Voss *et al.*, 2012), con differenze tra produzioni *on-site* e *off-site* e *match* tra *import* e *export*. Nella maggior parte dei casi il bilancio energetico *operational* viene effettuato su base annua, sebbene possa essere calcolato anche su base mensile o giornaliera. Gli usi finali inclusi nel bilancio possono riguardare i consumi *building-related* (HVAC, DHW, Lighting) e includere *Plug load/Appliances*.

È importante notare come il grado di sviluppo e standardizzazione dei processi di calcolo dell'EE, necessiti di approfondi-

concern building-related consumption (HVAC, DHW, Lighting) as well as Plug load/Appliances.

However, it is important to note that the state of development and standardisation of the EE calculation processes needs to be investigated and does not always guarantee robust results, especially when compared to the established practice of the OE calculation processes.

Among the most monitored indicators in the PEBs, we mention the consumption of final and primary energy (total and non-renewable), CO_{2eq} emissions and the percentage of on-site production (annual) from renewable sources, compared to self-consumption. At the same time, quantitative benchmark values for LCA exceeding the "negative" balance are identified in the LBC and Minergie-A rating systems (Moore *et al.*, 2019).

Conclusion

This paper highlights the state of the debate on PEBs and PEDs in relation to the scope of assessment of LCA analysis and contextually, through a gap analysis, to identify the main obstacles that limit their development.

From the analysis of the scientific literature and the application of programmes, standards and regulatory frameworks, it emerges that the debate on PEBs and PEDs is still limited and their definition is scarcely shared, especially concerning impacts over the entire lifecycle.

The sources that deepen these aspects, highlighted in the research, can be used as common ground for developing definitions, calculating assumptions and scope of assessment, with the additional objective of overcoming implementation barriers. Moreover, suggestions for the evaluation and possible measures to achieve the energy-positive goals are provided.

menti e non sempre garantisce la confrontabilità dei risultati, specie se paragonato alla prassi consolidata dei processi di calcolo dell'OE.

Tra gli indicatori maggiormente monitorati tra PEBs si citano il consumo di energia finale e primaria (totale e non rinnovabile), le emissioni di CO_{2eq} e la quota di produzione (annuale) in loco da fonti rinnovabili rispetto all'autoconsumo, mentre valori di benchmark quantitativo per LCA, oltre la verifica del bilancio "negativo", vengono individuati nei sistemi di rating LBC e Minergie-A (Moore *et al.*, 2019).

Conclusion

Il contributo intende evidenziare lo stato del dibattito sui PEBs e PEDs in relazione al perimetro di valutazione di analisi LCA e contestualmente, mediante una *gap analysis*, individuare i principali ostacoli che ne limitano lo sviluppo.

Dall'analisi della letteratura scientifica e dal recepimento e attuazione da parte di programmi, standard e quadro normativo emerge come il dibattito su PEBs e PEDs sia ancora limitato e la loro definizione scarsamente condivisa, specialmente in relazione agli impatti sull'intero ciclo di vita.

Le fonti che approfondiscono tali aspetti, evidenziate nella ricerca, possono essere utilizzate per lo sviluppo di definizioni, di assunzioni di calcolo e del perimetro di analisi, con l'obiettivo aggiuntivo del superamento delle barriere all'implementazione presentate. Vengono inoltre forniti spunti per la valutazione e possibili misure per il raggiungimento degli obiettivi *energy-positive*.

Possibili ulteriori approfondimenti di ricerca riguardano lo sviluppo di scenari di analisi LCA, con diversi *boundary systems*

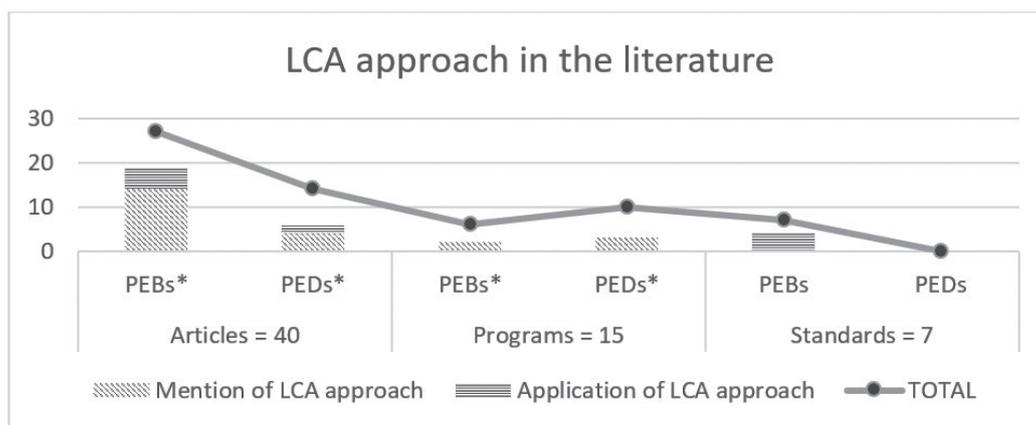
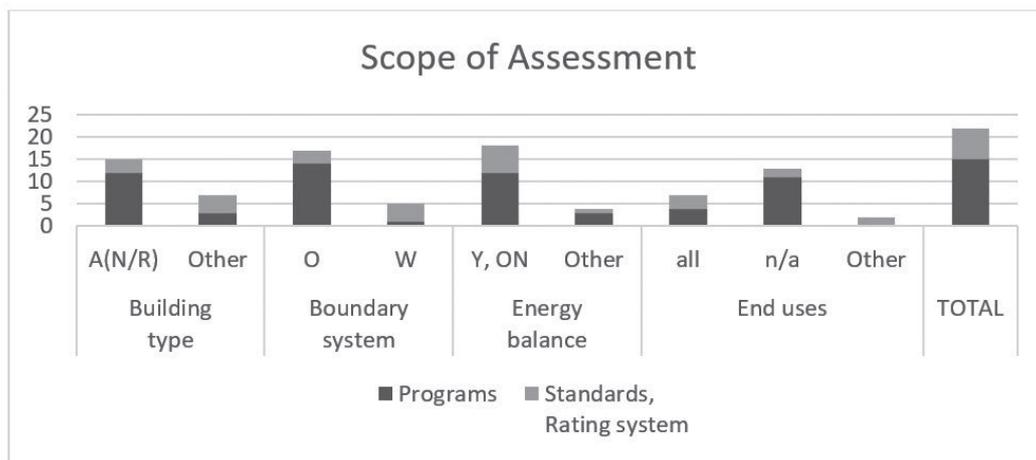
Further research insights concern the development of LCA scenarios with different boundary systems and contexts, which allow to identify intervention priorities and minimum requirements for achieving the Net-positive objectives. Finally, it is essential to compare the estimates made in the design phase and to measure post-construction impacts.

Net-positive architecture opens a reflection on the change the regenerative paradigm can cause in the design process, on the use and end-of-life of one or a network of buildings, as well as on the methods of intervention in different urban contexts, on the design approaches to different scales and the principles of technological integration. The positive energy balance is the objective of a strategy that is based on analysis carried out on the entire lifecycle, which foresees the application

of active and passive design strategies such as: the reduction of needs, also through Information and Communication Technologies and Building Management Systems, the production of renewable energy, and the reduction of consumption from non-renewable sources or sources with high GHG and polluting emissions. On the other hand, the impacts of construction sites are reduced using materials and installation processes with low Embodied Energy and a high index of renewability, and integrated by offsetting actions.

The application of Net-positive projects can support the energy transition only if effectively evaluated over the entire lifecycle and within a shared strategic vision implemented by national regulations, as occurred in the case of NZEBs, in compliance with targets that allow the reversal of the environmental degradation in progress.

05 | Diffusione del LCA nelle fonti analizzate. * fonti che menzionavano sia PEBs che PEDs (e LCA), pertanto viene inclusi 2 volte. Le fonti che menzionavano EE e LCC sono state inserite tra quelle con LCA approach
*Diffusion of the LCA in the analysed sources. * sources mentioning both PEBs and PEDs (and LCA), therefore included 2 times. Sources mentioning EE and LCC were included among those with the LCA approach*



e contesto, che consentano di individuare priorità di intervento e requisiti minimi per raggiungimento degli obiettivi *Net-positive*. Risulta, infine, fondamentale il confronto tra le stime effettuate in fase di progetto e la misurazione degli impatti post-costruzione.

La *Net-positive* architecture apre una riflessione sul cambiamento che il paradigma rigenerativo può comportare sul processo progettuale, sull'uso e fine vita di uno o una rete di manufatti edilizi, oltre che sulle metodologie di intervento in diversi contesti urbani, sugli approcci progettuali alle diverse scale e sui principi di integrazione tecnologica.

Il bilancio energetico positivo è l'obiettivo di una strategia che si basa su analisi effettuate sull'intero ciclo di vita, che preveda l'applicazione di strategie di design attivo e passivo come la riduzione del fabbisogno, anche mediante *Information and Communication Technologies* e *Building Management Systems*, la produzione di energia rinnovabile e la contrazione dei consumi da fonti non

rinnovabili o ad alte emissioni di GHG e inquinanti. Dall'altro lato, gli impatti dei cantieri vengono ridimensionati dall'uso di materiali e di processi di posa a bassa *Embodied Energy* ed elevato indice di rinnovabilità, e integrati da azioni di *offsetting*.

La realizzazione di progetti *Net-positive*, se effettivamente valutati sull'intero ciclo di vita, può rappresentare un sostegno alla transizione energetica solo se inserito in rete all'interno di una visione strategica condivisa e recepita dalle normative nazionali, come avvenuto nel caso degli NZEB, nel rispetto di *target* che consentano l'inversione del deperimento ambientale in corso.

REFERENCES

- Ala-Juusela M. and Tuerk A. (2022), "Business models for rolling out Positive Energy Buildings", in: IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 1122 012060.
- Ala-Juusela, M., Crosbie, T. and Hukkalainen, M. (2016), "Defining and operationalising the concept of an energy positive neighbourhood", *Energy Conversion and Management*, Vol. 125, pp. 133-140.
- Ala-Juusela, M., Rehman, H.u., Hukkalainen, M. and Reda, F. (2021), "Positive Energy Building Definition with the Framework, Elements and Challenges of the Concept", *Energies*, Vol. 14, 6260.
- Albert-Seifried V. *et al.* (2021), "Definitions of Positive Energy Districts: A Review of the Status Quo and Challenges", *Sustainability in Energy and Buildings*.
- Barrutieta, X., Kolbasnikova, A., Irulegi, O. and Hernández, R. (2023), Energy balance and photovoltaic integration in positive energy buildings. Design and performance in built office case studies, *Architectural Science Review*, 66:1, 26-41
- Boll J.R., Dorizas V., Broer R., Toth Z. (2021), Barriers and opportunities of plus energy neighbourhoods of the national and local regulatory framework, *Sustainable Plus Energy Neighbourhoods*.
- Cole J.R. and Fedoruk L. (2014), "Shifting from net-zero to net-positive energy buildings", *Building Research & Information*, Vol. 43, pp. 111-120.
- D'Agostino D. and Zangheri P. (2016), "Development of the NZEBs concept in Member States, Towards Nearly Zero Energy Buildings in Europe", *JRC Science for Policy Report*.
- Dixit M.K. (2017), "Life cycle embodied energy analysis of residential buildings: A review of literature to investigate embodied energy parameters", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 79, pp. 390-413.
- EN 15978:2011, *Sustainability of construction works - Assessment of environmental performance of buildings - Calculation method*.
- European Commission, (2010) "Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of The Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings (recast)", *Official Journal of the European Communities*.
- European Commission, "National energy and climate plans (NECPs), EU countries' 10-year national energy and climate plans for 2021-2030", available at: https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-strategy/national-energy-and-climate-plans-necps_en
- Hawila A.A.W., Perneti R., Pozza C. and Belleri A. (2022), "Plus energy building: Operational definition and assessment", *Energy and Buildings*, Vol. 265, 112069.
- Hedman, Å. *et al.*, (2021), "IEA EBC Annex83 Positive Energy Districts", *Buildings*, Vol. 11, 130.
- Heiselberg, P.K. (Ed.), (2016), *Proceedings of the 12th REHVA World Congress*, Vol. 6.
- Hermelink A. *et al.*, (2012), "Towards nearly zero energy buildings Definition of common principles under the EPBD Final report", *European Commission*, pp. 33-36.
- Jones, P., Li, X., Coma Bassas, E., Perisoglou, E., Patterson, J. (2020), "Energy-Positive House: Performance Assessment through Simulation and Measurement" *Energies*, Vol. 13, 4705.
- Karen Williams *et al.*, (2022), "Assessing the performance of Positive Energy Districts: The need for innovative methods", IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci. 1085 012014.
- Kolokotsa D., Rovas D., Kosmatopoulos E. and Kalaitzakis K. (2011), "A roadmap towards intelligent net zero- and positive-energy buildings", *Solar Energy*, Vol. 85, n.12, pp. 3067-3084.
- Krangsås, S.G. *et al.* (2021), "Positive Energy Districts: Identifying Challenges and Interdependencies", *Sustainability*, Vol. 13, 10551.
- Kumar, G.M.S. and Cao, S. (2021), "State-of-the-Art Review of Positive Energy Building and Community Systems", *Energies*, Vol. 14, 5046.
- International Living Future Institute (2022), "Living Building Challenge". Available at: <https://living-future.org/lbc/>
- Magrini A., Lentini G., Cuman S., Bodrato A. and Marengo L. (2020), "From nearly zero energy buildings (NZEB) to positive energy buildings (PEB): The next challenge - The most recent European trends with some notes on the energy analysis of a forerunner PEB example", *Developments in the Built Environment*, Vol. 3, 100019.
- Mang, P. and Reed, W. (2012), "Designing from place: A regenerative framework and methodology", *Building Research & Information*, Vol. 40, n.1, pp. 23-38.
- Ministère de la Transition écologique (2020), *Guide RE2020 Réglementation Environnementale, Éco-construire pour le confort de tous*.
- Moore, C., Shrestha, S. and Gokarakonda, S. (2019), "Building energy standards and labelling in Europe", *SusBuild - Up-scaling and mainstreaming sustainable building practices in western China*, pp. 93-107.
- Powerhouse (2023), definition available at: <https://www.powerhouse.no/en/>
- Takva, C., Caliskan, B.C. and Cakici F. (2022), "Net Positive Energy Buildings in architectural context", *Journal of Asian Scientific Research*, Vol. 12, n.3, pp. 135-145.
- Tuerk, A. *et al.* (2021), "Integrating Plus Energy Buildings and Districts with the EU Energy Community Framework: Regulatory Opportunities, Barriers and Technological Solutions", *Building*, Vol. 11, pp. 468.
- Voss, K., Sartori, I. and Lollini, R. (2012), "Nearly-zero, Net zero and Plus Energy Buildings - How definitions & regulations affect the solutions", *REHVA Journal*, pp. 23-27.
- Uspenskaia, D., Specht, K., Kondziella, H. and Bruckner, T. (2021), "Challenges and Barriers for Net-Zero/Positive Energy Buildings and Districts - Empirical Evidence from the Smart City Project SPARCS", *Buildings*, Vol. 11, pp. 78.

Sin(En)ergie di rigenerazione nei quartieri. Al Safarat come laboratorio sperimentale sulla transizione

Just Accepted: April 28, 2023 Published: October 31, 2023

SAGGI E PUNTI
DI VISTA/
ESSAYS AND
VIEWPOINT

Monica Moscatelli¹, <https://orcid.org/0000-0001-8604-5020>

Alessandro Raffa², <https://orcid.org/0000-0002-0296-1863>

¹Architecture Department, College of Architecture and Design, Prince Sultan University, Riyadh, Saudi Arabia

²Department of European and Mediterranean Cultures: Architecture, Environment and Cultural Heritage, University of Basilicata, Italy

mmoscatelli@psu.edu.sa
alessandro.raffa@unibas.it

Abstract. L'integrazione della questione energetica nella rigenerazione dei quartieri influenza l'intero metabolismo dell'insediamento urbano e apre a una riflessione, nell'ambito discipline del progetto, su approcci, metodi e strumenti attraverso cui rendere operativa la transizione energetica nello spazio. La complessità della transizione energetica richiede un approccio olistico, multidisciplinare e integrato alla progettazione, in grado di affrontare processi di transizione energetica anche alla scala del quartiere. Secondo un approccio in cui il *landscape* è interpretato come infrastruttura techno-naturale complessa, si guarderà al quartiere di Al Safarat, a Riyadh, come possibile laboratorio sperimentale per la transizione energetica dei quartieri delle città del Golfo.

Parole chiave: Transizione Energetica; Rigenerazione; Quartieri; Paesaggio; Progetto.

Introduzione

La rigenerazione dei quartieri è cruciale all'interno dell'ecosistema urbano per sperimentare il nesso tra gestione efficiente di energia e risorse e la progettazione dello spazio, nella prospettiva di una transizione giusta. Il quartiere, in quanto unità base degli organismi urbani, è una scala critica per considerare la densità e l'accessibilità, per rendere i sistemi edilizi più innovativi, integrando le infrastrutture di mobilità ed ecologiche a una scala più ampia. La transizione energetica dei quartieri è fondamentale per affrontare le questioni interconnesse del cambiamento climatico, dell'esaurimento delle risorse e dello sviluppo sostenibile delle città. L'integrazione della questione energetica nella rigenerazione dei quartieri influenza l'intero metabolismo dell'insediamento urbano, ossia la produzione e il consumo di energia degli edifici, la mobilità, le aree verdi, l'acqua e i cicli dei rifiuti, ecc. All'interno dell'attuale quadro di decentramento energetico, il quartiere potrebbe anche fornire un contesto di adeguata complessità

Syn(En)ergies in neighbourhood regeneration. Al Safarat experimental laboratory in transition

Abstract. Integrating the energy issue in the regeneration of neighbourhoods influences the entire metabolism of the urban settlement. It opens up a reflection, within the disciplines of the project, on approaches, methods, and tools to make the energy transition operational in space. The complexity of the energy transition requires a holistic, multidisciplinary and integrated approach to design, capable of addressing energy transition processes at the neighbourhood scale. By adopting a method that interprets the *landscape* as a complex techno-natural infrastructure, the Al Safarat neighbourhood in Riyadh will be considered a possible experimental laboratory for the energy transition of the districts of the Gulf cities.

Keywords: Energy transition; Regeneration; Neighbourhood; Landscape; Design.

per definire e testare metodologie e processi di progettazione integrata dei flussi di energia e risorse nello spazio, e per renderli operativi all'interno del laboratorio vivente della città. La transizione energetica del quartiere, all'interno di un quadro di sfide e urgenze globali, può catalizzare benefici molteplici per il raggiungimento degli obiettivi fissati dalle agende globali e urbane. La progettazione e la pianificazione per la transizione energetica richiede un approccio multi-scalare, multi-temporale, multidisciplinare e olistico in grado di far fronte alle attuali incertezze e di sostenere un processo integrato; si rendono necessarie nuove metodologie operative e strumenti per tradurre nello spazio la complessità della transizione energetica, migliorando la qualità dei luoghi e il benessere delle comunità coinvolte¹.

Inquadramento teorico

La progettazione rigenerativa (Lyle, 1994) per la transizione energetica, quindi, richiede un approccio integrato, collaborativo e multidisciplinare (Girardet, 2010; Roggema, 2022) in cui gli aspetti di innovazione tecnologica, gestione circolare dell'energia e delle risorse, qualità dell'infrastruttura ecologica e dello spazio pubblico, benessere dei cittadini si intrecciano e contribuiscono sinergicamente alla costruzione del processo di transizione attraverso lo spazio. In questa cornice, il *landscape* potrebbe essere interpretato come spazio complesso e multilivello per perseguire un'interpretazione più sinergica della transizione, alla scala del quartiere. Le teorie e le esperienze legate al *Urban Metabolism* e al *Landscape/Ecological Urbanism* – per la loro dimensione speri-

Introduction

It is crucial to regenerate neighbourhoods in the urban environment to test the nexus between energy/resource efficiency and spatial design towards a just transition. As the basic unit of urban organisms, the neighbourhood is a critical scale to consider density and transit accessibility, to make building systems more efficient by integrating infrastructures and *landscape* synergies on a larger scale. The neighbourhood energy transition is essential to address the interconnected issues of climate change, resource depletion and sustainable development within the urban ecosystem. Integrating the energy issue into neighbourhoods' regenerative planning and design influences the entire metabolism of the urban settlement, i.e., the energy production and consumption of buildings, mobility, green areas, water, waste cycles, and

so forth, directly affecting liveability and well-being of communities. In this energy decentralisation framework, the neighbourhood could also provide an adequately complex scenario to define and test energy-conscious integrative design methodologies and processes for a just transition, and for the application of such methods in the city's living lab. Neighbourhood energy transition, within a framework of global challenges and urgencies, can catalyse multiple benefits for achieving the objectives set by global and urban agendas. Design and planning for transition inside the neighbourhood environment require a holistic, multidisciplinary and integrated approach that can cope with current uncertainties and support an integrated transition process. New design and planning principles and procedures are needed to operationalise the complexity of energy transition through space¹.

mentale, apertura interdisciplinare e l'impegno verso le sfide globali-locali attraverso il progetto – costituiscono il background teorico della ricerca. Il *landscape* del quartiere è interpretato come luogo di molteplici intrecci, di flussi di energia e risorse; un'infrastruttura ibrida, tecno-naturale, in cui le dinamiche del metabolismo circolare (UN-Habitat, 2018) e le loro implicazioni spaziali, insieme al coinvolgimento della comunità, possono supportare in modo proattivo le transizioni. Il *landscape* viene quindi interpretato come lente attraverso cui guardare alla dimensione spaziale delle transizioni, in particolare a quella energetica (Sijmons *et al.*, 2014;) – che comprende aspetti tecnologici, sociali, culturali, economici e ambientali –, e orizzonte progettuale per renderla operativa. Il concetto di *energy landscape* (Stremke, 2010) sfida le pratiche consolidate di pianificazione e progettazione spostando la riflessione dalla questione del solo consumo alla produzione e al risparmio di energia, all'infrastruttura ecologica, alla salute e al benessere pubblico. Oudes e Stremke (2018), attraverso il concetto di *Spatial Transition Analysis*, hanno sviluppato un quadro metodologico-operativo trans-scalare per valutare la fattibilità spazio-tecnologica degli obiettivi di transizione energetica. Considerando la rilevanza operativa del nesso energia-progettazione/pianificazione per la città contemporanea, rispetto ai temi di infrastrutture e mobilità, uso del suolo, gestione della risorsa idrica, sicurezza alimentare, salute pubblica, resilienza ai cambiamenti climatici (Koutra *et al.*, 2022) e sostenibilità, Stoeleghner (2020) ha elaborato la definizione di '*Integrated Spatial and Energy Planning*' intesa come «la parte della pianificazione che si occupa delle dimensioni spaziali del consumo e dell'approvvigionamento energetico» (Stoeleghner *et al.*, 2016). Alcuni autori (Terrados *et al.*, 2007; Mirakyan and De Guio, 2014) sotto-

lineano il ruolo cruciale della scala locale, e del coinvolgimento della comunità nel processo di transizione energetica.

Rigenerazione dei quartieri e transizione energetica

Nei Paesi del Golfo, la rigenerazione sostenibile dei quartieri esistenti come strategia di transizione sembra essere agli esordi e si concentra soprattutto sui quartieri centrali e storici (Amhed, 2018; Jumah, 2020; Mareeva *et al.*, 2022). Shubbar e Furlan (2019), sottolineano, anche se non esplicitamente, le potenzialità degli spazi aperti per la gestione di processi metabolici circolari di risorse ed energia. La rigenerazione, in generale, è per lo più legata a quartieri di nuova costruzione che sostituiscono ambiti dismessi o sottoutilizzati, come nel caso del progetto in corso per Masdar City, (Foster & Partners), dove l'integrazione tra infrastrutture verdi, sistemi che sfruttano le energie rinnovabile, mobilità sostenibile, gestione efficiente del ciclo dell'acqua e dei rifiuti, l'impiego di materiali riciclati per la costruzione, intendono realizzare un prototipo urbano per le transizioni in contesti dal clima arido. Nel 2019 è stato progettato un quartiere sperimentale a Buraidah (Arabia Saudita), al fine di costruire un progetto-dimostratore che fungesse da quartiere sostenibile modello (Ministero degli Affari municipali e rurali e UN-Habitat, 2019), adattando al contesto locale i cinque principi definiti da UN-Habitat (UN-Habitat, 2014). Dalla ricerca condotta, nei Paesi del Golfo la rigenerazione per la transizione energetica dei quartieri esistenti è ben lungi dall'essere attuata, la sua dimensione spaziale e le potenzialità a esso legate sono poco esplorate sia a livello teorico che applicativo, benché i diversi Paesi della regione abbiano già da tempo avviato politiche di transizione energetica.

Theoretical background

Regenerative design thinking (Lyle, 1994) requires an integrated, holistic, collaborative approach (Girardet, 2010; Roggema, 2022). The landscape could be interpreted as a multi-layered and complex space to pursue a more synergistic interpretation of transition in the neighbourhood environment. The theories and experiences related to Urban Metabolism and Landscape/ Ecological Urbanism – due to their experimental dimension, interdisciplinary openness, and commitment to global-local challenges through design – constitute the theoretical background of the research. Neighbourhood landscapes are conceived as convergence sites of energy and resource fluxes, and as a hybrid, techno-natural infrastructure where circular metabolism dynamics (UN-Habitat, 2018, p. 6) and their spatial implication and commu-

nity engagement can proactively support transitions, i.e., energy, ecological and just. Thus, the landscape is interpreted as a lens to examine the spatial dimension of transitions, notably the energy one (Sijmons *et al.*, 2014) – encompassing technological, societal, cultural, economic, and environmental aspects – and a design horizon to make it operational. The concept of energy-conscious landscapes (Stremke, 2010) challenges conventional planning and design practices by shifting the reflection from consumption to energy production and savings, public health and well-being. Oud and Stremke (2018) developed a methodological-operational framework to assess the spatial-technological feasibility of energy transition targets at a local and regional scale through the concept of 'Spatial Transition Analysis'. Considering the operational relevance of the

energy-design/planning nexus for the contemporary urban environment, infrastructures, mobility, land use, water supply, food security, public health, climate change resilience (Koutra *et al.*, 2022) and sustainability, Stoeleghner (2020) defined 'Integrated Spatial and Energy Planning' as «the part of planning that deals with the spatial dimensions of energy consumption and energy supply» (Stoeleghner *et al.*, 2016). In energy-conscious design and planning approach, some authors (Terrados *et al.*, 2007; Mirakyan and De Guio, 2014) stress the crucial role of community engagement in the spatial energy transition process.

Framing energy-conscious neighbourhood regeneration for transition

In the Gulf countries, sustainable regeneration of existing neighbourhoods as a transition strategy is in its infancy

and mainly focuses on central and historic districts (Amhed, 2018; Jumah, 2020; Mareeva *et al.*, 2022). Shubbar and Furlan (2019) underscore, even if not explicitly, the potential of open spaces to manage circular metabolic processes of resources and energy. Regeneration, in general, is mainly linked to newly built neighbourhoods that replace abandoned or underused areas, as in the case of the ongoing project for Masdar City (Foster & Partners), where the integration between green infrastructures, systems that they exploit renewable energies, sustainable mobility, efficient management of the water and waste cycle, and the use of recycled materials for construction, intend to create an urban prototype for transitions in arid climate contexts. In 2019, an experimental neighbourhood was designed in Buraidah (Saudi Arabia) to build a demonstration proto-

La ricerca iniziale è stata quindi ampliata attraverso la selezione e l'analisi qualitativa di casi studio di progettazione e pianificazione rigenerativa di quartieri in cui sono stati attivati processi di transizione energetica in chiave complessa, al fine di identificare principi e procedure integrate che potessero essere trasposti e adattati nella rigenerazione del quartiere di Al Safarat. Avviare, attraverso la rigenerazione, la transizione energetica dei quartieri è un processo complesso che impatta su aspetti economici, ecologici, sociali e tecnologici rispetto ai quali la dimensione dello spazio e la sua progettazione possono giocare un ruolo cruciale nel prefigurare una transizione giusta. L'uso di soluzioni tecnologiche innovative aiuta più rapidamente a raggiungere gli obiettivi di efficienza e flessibilità energetica nei quartieri esistenti. Inoltre, è importante considerare l'aspetto sociale, la disponibilità dei cittadini a essere parte determinante nel processo, indirizzando, anche in chiave di co-progettazione, le azioni. Pertanto, rigenerare i quartieri, significa applicare strategie integrate che spaziano dall'efficientamento alla flessibilità energetica, dall'uso di energie rinnovabili, alla gestione circolare delle risorse, alla mobilità elettrica all'infrastruttura ecologica, all'interno di un processo sinergico che vede nel *landscape* il suo orizzonte per una transizione complessa.

Al Safarat come laboratorio sperimentale per la transizione energetica

Nel solco della Saudi Vision 2030, l'Arabia Saudita ha recentemente avviato diversi progetti che affrontano la transizione energetica su larga scala attraverso l'impiego di energie rinno-

Il settore energetico svolge un ruolo cruciale nel raggiungimento degli obiettivi di Sviluppo Sostenibile dell'Arabia Saudita (UN Saudi Arabia, 2018).

ject that would serve as a sustainable neighbourhood model (Ministry of Municipal and Rural Affairs and UN-Habitat, 2019), adapting the five principles defined by UN-Habitat (UN-Habitat, 2014). The research carried out in the Gulf countries reveals that regeneration for the energy transition of existing neighbourhoods has yet to be implemented. Its spatial dimension and potential should be explored more theoretically and applied. However, the various countries in the region already launched energy transition policies some time ago.

The initial research was then expanded through the selection and qualitative analysis of case studies of design and regenerative planning of neighbourhoods in which energy transition processes have been activated in a complex key to identify integrated principles and procedures that could be

transposed and adapted in the regeneration of the Al Safarat neighbourhood. Initiating the energy transition of neighbourhoods through regeneration is a complex process that impacts economic, ecological, social, and technological aspects in which the size of the space and its design can play a crucial role in foreshadowing a just transition. Using innovative technological solutions helps to achieve energy efficiency and flexibility goals in neighbourhoods faster. Furthermore, it is essential to consider the social aspect, the willingness of citizens to play a decisive part in the process by directing actions, also in terms of co-planning. Hence, regenerating neighbourhoods means applying integrated strategies that range from efficiency to energy flexibility, from renewable energies to the circular management of resources, and from electric mobility to ecologi-

vabili. Ad oggi, i quartieri urbani nelle città saudite, non hanno ricevuto un'attenzione adeguata rispetto al loro possibile ruolo nella transizione energetica. Pertanto, la ricerca guarda alla rigenerazione dei quartieri attraverso il processo di transizione energetica sostenibile selezionando il quartiere di Al Safarat di Riyadh, noto come Quartiere Diplomatico (DQ). Il DQ, con 8km², accoglie circa 80 ambasciate, aree residenziali, scuole, moschee, alberghi, uffici e numerosi parchi; è immaginato come laboratorio sperimentale per la transizione energetica attraverso la sua rigenerazione.

Metodologia

La metodologia adottata ha impostato una lettura critica per far emergere il ruolo possibile della rigenerazione dei quartieri nella transizione energetica, rispetto alla tendenza attuale nei paesi del Golfo in cui prevalgono le nuove progettazioni. La metodologia si è avvalsa di un'analisi di potenzialità e criticità che ha permesso di identificare delle linee guida che intendono informare il processo di transizione energetica del quartiere selezionato di Al Safarat, attraverso un approccio integrato che pone attenzione alla comunità, alla qualità urbana e al benessere (Chaiechi *et al.*, 2022).

Potenzialità e Criticità

In una prima fase, lo studio si è concentrato su punti di forza del quartiere. Realizzato nel 1975, su progetto dell'architetto e urbanista tedesco Albert Speer II (Abdullatif *et al.*, 1985), l'impianto è una rilettura moderna della città araba (Al-Hathloul, 2003), di cui vengono riproposte le densità urbane. Lungo una spina centrale, fiancheggiata da viali alberati, sono

cal infrastructure, within a synergistic process that sees the landscape as its horizon for a complex transition.

Al Safarat as an experimental laboratory for energy transition

The energy sector is crucial in achieving Saudi Arabia's Sustainable Development Goals (UN Saudi Arabia, 2018). In the wake of Saudi Vision 2030, Saudi Arabia has recently launched several projects that address the large-scale energy transition through renewable energies. Urban neighbourhoods in Saudi cities have yet to gain proper care, compared to their possible role in the energy transition. Therefore, the research looks at the regeneration of neighbourhoods through sustainable energy transition by selecting the Al Safarat neighbourhood of Riyadh, known as the Diplomatic Quarter (DQ). The DQ,

with 8 km², hosts about 80 embassies, residential areas, schools, mosques, hotels, offices and numerous parks. It is envisioned as an experimental laboratory for energy transition through its regeneration.

Methodology

Compared to the current trend in the Gulf countries where new designs prevail, the methodology adopted set up a critical analysis to determine the possible role of neighbourhood regeneration in the energy transition. The methodology made use of an analysis of potential and critical factors, which made it possible to identify guidelines intended to inform the energy transition process of the selected neighbourhood of Al Safarat through an integrated approach that pays attention to the community, urban quality, and well-being (Chaiechi *et al.*, 2022).

collocati spazi pubblici, commerciali, uffici, hotel e la moschea del venerdì, fulcro centrale del percorso (Fig. 1). Inoltre, il DQ presenta edifici significativi dal punto di vista architettonico, alcuni dei quali progettati da architetti di fama internazionale (Molintas, 2017). Gli edifici che corrono lungo la spina centrale richiamano la cultura locale in quanto sono stati costruiti riprendendo gli elementi architettonici dell'architettura tradizionale Najd di Riyadh. Il quartiere ha un'ampia dotazione di spazi verdi e pubblici e presenta una significativa variabilità paesaggistica che spazia dal deserto roccioso a ovest lungo la valle naturale del *Wadi Hanifa*, ai numerosi parchi e giardini che lo rendono un'oasi verde all'interno della città. Il quartiere negli ultimi anni è diventato un punto di riferimento per i residenti e i cittadini di Riyadh, che lo scelgono per usufruire di spazi e servizi, e la sua sicurezza.

Dall'analisi, successivamente, sono emersi alcuni punti di de-

bolezza che potrebbero essere superati attraverso una pianificazione e progettazione rigenerativa.

1. Per quanto riguarda l'infrastruttura energetica, l'implementazione di energie rinnovabili, sia rispetto agli spazi dell'abitare che nello spazio pubblico, è marginale.
2. Dal punto di vista delle infrastrutture per la mobilità, la gestione del traffico automobilistico è un problema strutturale, insieme alla carenza di parcheggi, di trasporto pubblico e di infrastrutture per la mobilità lenta.
3. L'infrastruttura verde è piuttosto frammentata e non interagisce con il corridoio ecologico del *Wadi Hanifa*. Il verde urbano potrebbe essere implementato per ridurre i consumi energetici degli edifici circostanti e abbassare la temperatura percepita.
4. Il DQ non prevede sistemi di riciclo dell'acqua.
5. La gestione dei rifiuti non è improntata a processi circolari e al riciclo.



6. In merito alla tecnologia dell'informazione manca una copertura internet uniforme per l'intero quartiere e applicazioni per i residenti.

7. Dal punto di vista sociale, i luoghi di incontro e per le attività collettive, soprattutto quelli legati all'infrastruttura verde, sono scarsi così come i luoghi per il fitness e le attività sportive.

Linee guida strategiche per la transizione energetica di Al Safarat

Dall'analisi delle potenzialità e criticità e attraverso le *best practice* mutuare dai casi studio, sono state identificate delle

linee guida strategiche che intendono informare il processo di transizione energetica del quartiere in modo olistico e integrato. Per indirizzare il quartiere verso una transizione energetica sostenibile occorre ridurre al minimo la domanda di energia per i trasporti e il fabbisogno energetico degli edifici; massimizzare l'efficienza delle tecnologie di conversione dell'energia; soddisfare il consumo con fonti di energia rinnovabile; ridurre le emissioni gas serra causate dall'uso prolungato e continuo dell'aria condizionata (UN-Habitat, 2018). Gli obiettivi di efficienza e flessibilità energetica, di impiego di fonti rinnovabili, di mobilità elettrica, saranno sviluppati insieme all'implementazione dell'infrastruttura verde e dei luoghi di socialità, alla gestione del ciclo dei rifiuti e della risorsa idrica. Di seguito, le sette linee strategiche che, nella loro intersezione e sovrapposizione intendono orientare la transizione del quartiere (Fig. 4).

1. Infrastruttura energetica: il DQ vuole essere in futuro una sorgente di energie rinnovabili che permetteranno al quartiere di autoalimentarsi e di diventare un *energy positive district*. Si dovrebbe massimizzare la produzione energetica locale, ridu-

cendo la dipendenza da risorse esterne. Questo comporterebbe una produzione di energia decentralizzata principalmente da fonti rinnovabili con edifici ad alta efficienza energetica. L'implementazione di tecnologie che sfruttano la radiazione solare riguarderà sia gli edifici che gli spazi pubblici, come parcheggi, strade e l'arredo urbano.

2. Infrastruttura per la mobilità: miglioramento del sistema di trasporto attraverso soluzioni che riducano la mobilità basata sull'auto privata attraverso il car-sharing, implementazione del trasporto pubblico sostenibile (navetta e taxi elettrici) e mobilità sostenibile (biciclette, monopattini e veicoli elettrici automatizzati). Gli spazi dei parcheggi verranno implementati con coperture fotovoltaiche e ombreggiate attraverso *nature-based solutions*. La strategia di trasporto è solo una parte delle linee generali da seguire per il raggiungimento della transizione energetica: è più sostenibile raggiungere a piedi i servizi all'interno del quartiere che usare un veicolo (Katar, 2022; Sultan, 2021).

3. Infrastruttura verde e *walkability*: l'infrastruttura verde ha un ruolo cruciale nella riduzione dei consumi energetici degli edifici e nel migliorare la fruibilità degli spazi aperti e la qualità della vita dei residenti. Si prevede di implementare le connessioni ecologiche con il *Wadi Hanifa*; integrare la connessione tra gli spazi aperti verdi tra loro e con gli spazi urbani attraverso *nature-based solutions*; favorire demineralizzazione dei suoli attualmente non utilizzati; implementare la copertura vegetale degli spazi pubblici e delle aree parcheggio; realizzare orti di quartiere. La rete dei percorsi ciclo pedonali dovrà essere riconfigurata per incentivare la mobilità lenta insieme all'offerta di spazi verdi di qualità e servizi entro cinque-dieci minuti a piedi

Strengths and threats

In the initial phase, the study focused on the neighbourhood's strengths. It was built in 1975 according to a design by the German architect and urban planner Albert Speer II (Abdullatif *et al.*, 1985). The layout is a modern reinterpretation of the Arab city (Al-Hathloul, 2003), whose urban densities are re-proposed. Along a central spine, flanked by tree-lined avenues, there are public and commercial spaces, offices, hotels, and the Friday Mosque, the central fulcrum of the path (Fig. 1). Furthermore, the DQ features architecturally significant buildings, some of them designed by internationally renowned architects (Molintas, 2017). The buildings that run along the central spine recall the local culture as they were built by recovering the architectural elements of the traditional

Najd architecture of Riyadh. The district has a wide range of green and public spaces. It presents significant landscape variability ranging from the rocky desert in the west along the natural valley of *Wadi Hanifa* to the several parks and gardens that make it a green oasis within the city (Dq Living, 2017).

In recent years, the district has become a point of reference for the residents and the citizens of Riyadh, who choose for its spaces, services and safety. Subsequently, some weaknesses emerged from the analysis that could be overcome through regenerative planning and design.

1. Regarding the energy infrastructure, implementing renewable energies for living and public spaces is marginal.

2. Regarding mobility infrastructure, car traffic management is a structural problem, along with the need for more

parking, public transport and infrastructure for slow mobility.

3. The green infrastructure should be more cohesive and interact with the *Wadi Hanifa* ecological corridor. Urban vegetation could be implemented to reduce the energy consumption of the surrounding buildings and lower the perceived temperature.

4. The DQ does not include water recycling systems.

5. Waste management is not based on circular processes and recycling.

6. Regarding information technology, Internet coverage for the entire neighbourhood and applications for residents must be uniform.

7. From a social point of view, meeting places and collective activities, especially those linked to green infrastructure, are scarce, and so are places for fitness and sports activities.

Strategic guidelines for Al Safarat energy transition

Considering the analysis of both potential and critical issues, and the best practices borrowed from the case studies, strategic guidelines have been identified to inform the neighbourhood's energy transition process with a holistic and integrated approach. It is necessary to minimise the energy demand for transport and the energy needs of buildings; maximise the efficiency of energy conversion technologies; meet consumption with renewable energy sources; reduce greenhouse gas emissions caused by the prolonged and continuous use of air conditioning to address the district towards sustainable energy transition (UN-Habitat, 2018). The objectives of energy efficiency and flexibility, the use of renewable sources and electric mobility will be developed together with the imple-



mentation of green infrastructure and social places, and management of the waste cycle and water resources. The seven strategic approaches described below with their intersection and overlap are conceived to guide the transition of the district (Fig. 4).

1. Energy infrastructure: the DQ is intended to be a renewable energy source in the future that will allow the district to be self-sustaining and become an energy-positive district. Local energy production should be maximised, reducing dependence on external resources. This would involve decentralised energy production mainly from renewable sources with energy-efficient buildings. Implementing technologies that exploit solar radiation will concern both buildings and public spaces, such as car parks, streets, and urban furniture.

2. Mobility infrastructure: improving

the transport system with solutions that reduce private car-based mobility through car-sharing, implementing sustainable public transport (shuttle and electric taxis), and sustainable mobility (bicycles, scooters, and automated electric vehicles). Parking spaces will be implemented with photovoltaic and shaded roofs through nature-based solutions. The transport strategy is only part of the general guidelines to achieve the energy transition. Indeed, walking to services within the neighbourhood is more sustainable than using a vehicle (Katar, 2022; Sultan, 2021).

3. Green infrastructure and walkability: green infrastructure plays a crucial role in reducing energy consumption in buildings and in improving the usability of open spaces and residents' quality of life. It is planned to implement ecological connections with

Wadi Hanifa; integrate the connections between green open spaces and urban spaces through nature-based solutions; promote demineralisation of currently unused soils; implement green coverage of public spaces and parking areas; and create neighbourhood gardens. The pedestrian and cycle paths network must be reconfigured to encourage slow mobility and offer quality green spaces and services within a five to ten-minute walk from home. The road infrastructure will be redesigned to be a meeting place and social space and, subsequently, a vehicular space that facilitates movement on foot. The streets should become public recreational axes for residents and visitors by implementing nature-based solutions (Fig. 2) and water surfaces to reduce the temperature, inserting solar-powered urban furniture to promote

ing socialisation. Shading is another aspect of primary importance to facilitate pedestrian and cycle mobility. Together with the vegetation, the streets, squares and urban areas should be equipped with large shading structures featuring photovoltaic cells in order to absorb heat during the day and, at the same time, provide a sheltered place from the sun. They can also offer an opportunity to socialize (Fig. 3).

4. Blue infrastructure: the management of water resources will have to be restructured in a circular sense, paying particular attention to the lack of flexibility, which frequently causes reduced water availability in homes. This system should be implemented through water recycling systems to be purified and reintroduced into a system that should progressively reduce the contributions deriving from desalination plants, also through techno-natural

da casa. Nella prospettiva di favorire gli spostamenti a piedi le infrastrutture stradali saranno ri-progettate per essere prima luogo di incontro e spazio sociale, poi spazio veicolare. Le strade dovrebbero diventare degli assi ricreativi pubblici per i residenti e i visitatori implementando *nature-based solutions* (Fig. 2) e superfici d'acqua per ridurre la temperatura, inserendo arredo urbano a energia solare per ricaricare i dispositivi elettronici e favorire la socializzazione. L'ombreggiamento è un altro aspetto di primaria importanza per agevolare la mobilità pedonale e ciclabile. Insieme alle coperture arboree, strade, piazze e aree pubbliche andrebbero implementate con ampie strutture di ombreggiamento dotate di cellule fotovoltaiche, in modo da assorbire calore durante il giorno e al tempo stesso offrire un luogo riparato dal sole, offrendosi come occasioni di socialità (Fig. 3).

4. Infrastruttura blu: la gestione della risorsa idrica dovrà essere ristrutturata in senso circolare, prestando soprattutto attenzione all'assenza di flessibilità che provoca frequentemente ridotta disponibilità idrica nelle abitazioni. Questo sistema andrebbe

implementato attraverso sistemi di riciclo dell'acqua in modo da essere depurata e reintrodotta in un sistema che dovrebbe progressivamente ridurre gli apporti derivanti dagli impianti di desalinizzazione, anche attraverso soluzioni tecno-naturali per l'accumulo, la purificazione e la redistribuzione della risorsa a fini irrigui.

5. Gestione ciclo dei rifiuti: occorre rendere il flusso dei rifiuti in uscita quasi uguale a zero. È necessario implementare un sistema di gestione ed una cultura del ciclo di rifiuti in modo che gli scarti possano contribuire positivamente alle dinamiche metaboliche del quartiere, con impatti economici, sociali ed ambientali.

6. Infrastruttura smart: nel DQ verrà implementato un sistema smart che, attraverso una *app* dedicata, consentirà di gestire e condividere le informazioni all'interno del quartiere. L'*app* consentirà una gestione ottimizzata degli spostamenti (*smart mobility*), e in una seconda fase, verrà utilizzata nella gestione efficiente di energia e risorse anche alla scala dell'edificio. Inoltre, una copertura Wi-Fi estesa contribuirà a implementare la

03 |



performatività digitale dei suoi spazi aperti (Fig. 5).

7. Infrastruttura sociale: favorire maggiori attività nel quartiere e implementare i servizi ricreativi integrati con tecnologie innovative, quali un centro comunitario e un centro sportivo per incentivare una maggiore integrazione sociale.

Conclusioni

Le linee guida strategiche sviluppate per il quartiere di Al Safarat mostrano orizzonti possibili di transizione energetica applicata a un caso di rigenerazione urbana, attraverso un approccio integrato, attento alle sinergie che si intrecciano nel processo di transizione degli spazi del quartiere. L'ipotesi di riattivazione di questi luoghi non si limita soltanto a raggiungere gli obiettivi di efficienza e flessibilità energetica ma focalizza l'attenzione anche sugli aspetti ecologici e sociali, in cui l'*energy landscape* del quartiere è lo spazio di possibilità per immaginare scenari trasformativi di transizione energetica. Le strategie delineate inquadrano l'*energy landscape* di Al Safarat come spazio ibrido tecno-naturale e molteplice dove i cicli metabolici di energia e risorse diventano occasione per rigenerare il quartiere da un punto di vista economico, ecologico e sociale. Queste riflessioni intendono implementare un processo in corso nella prospettiva di rendere il quartiere, attraverso la transizione energetica, un prototipo sperimentale e a impatto zero di rigenerazione sostenibile, applicabile anche ad altri quartieri delle città del Golfo.

solutions for the accumulation, purification, and redistribution of resources for irrigation purposes.

5. Waste cycle management: the outgoing waste flow must become almost equal to zero. This is required to implement a management system and a culture of the waste cycle so that waste can contribute positively to the metabolic dynamics of the neighbourhood, with economic, social, and environmental impacts.

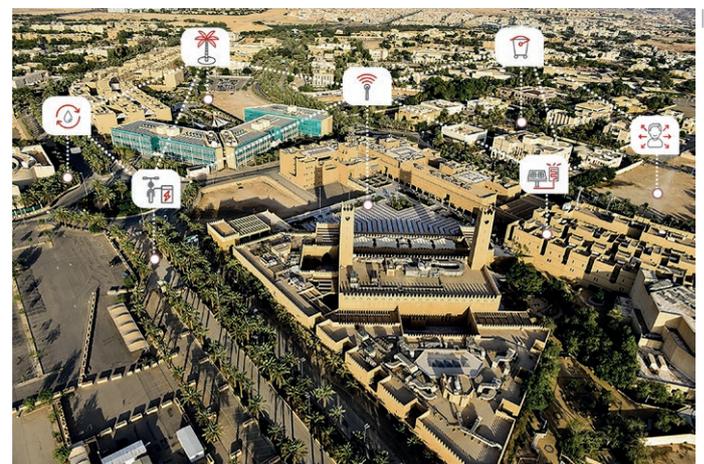
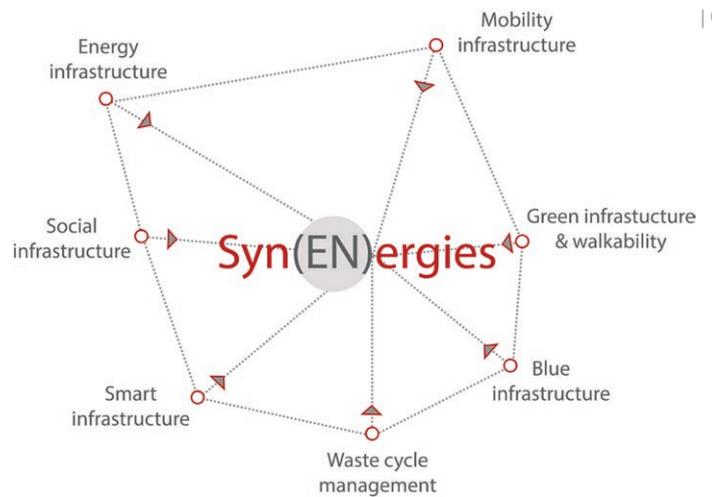
6. Smart Infrastructure: a smart system will be implemented in the DQ, which, through a dedicated app, will allow information to be managed and shared within the district. The app will enable optimised movement management (smart mobility), and will be used in a second phase to efficiently manage energy and resources at the building scale. Furthermore, Wi-Fi coverage will help implement the digital perfor-

mance of its open spaces (Fig. 5).

7. Social Infrastructure: facilitate more activity in the neighbourhood and implement recreational services integrated with smart technologies, such as community and sports centres, to encourage greater social integration.

Conclusions

The strategic guidelines developed for the Al Safarat neighbourhood show possible horizons of energy transition applied to a case of urban regeneration through an integrated approach that is attentive to the synergies of the transition process of neighbourhood spaces. The hypothesis of reactivating these places is not limited to achieving the objectives of energy efficiency and flexibility but also focuses on the ecological and social aspects in which the energy landscape of the neighbourhood is the space of possibilities to



imagine transformative energy transition scenarios. The strategies outlined frame the energy landscape of Al Safarat as a hybrid of techno-natural and multiple spaces where the metabolic cycles of energy and resources become an opportunity to regenerate the neighbourhood from an economic, ecological, and social point of view. These reflections aim to make the neighbourhood an experimental, zero-impact prototype for sustainable regeneration that will also be applied to other similar contexts in Gulf cities.

ATTRIBUTION

The paper is the result of the authors' collaboration. In particular, Author 2: Introduction, Theoretical background and Framing energy-conscious neighbourhood regeneration [...]. Author 1: Al Safarat as an experimental laboratory [...], Strengths and threats, and

Strategic guidelines [...]. Methodology and Conclusions are common.

ACKNOWLEDGMENTS

Author 1: thanks the SA Lab and the PSU for supporting the publication. Author 2: the contribution belongs to ongoing research funded by PON&RI and FSE-REACT EU.

NOTES

¹ The research is part of the activities carried out by the Sustainable Architecture Lab (SA Lab) of Prince Sultan University (PSU) and the Nature-City Lab of the University of Basilicata, which have the common objective of developing interdisciplinary research to define design methodologies, tools, and practices for a just transition towards sustainable scenarios.

ATTRIBUZIONE

Il contributo è il risultato della collaborazione degli autori. In particolare, Autore 2: Introduzione, Inquadramento teorico e Rigenerazione dei quartieri [...]. Autore 1: Al Safarat come laboratorio sperimentale [...], Potenzialità e Criticità, e Linee guida strategiche [...]. Metodologia e Conclusioni sono comuni.

RINGRAZIAMENTI

Autore 1: ringrazia il SA Lab e la PSU per il supporto alla pubblicazione. Autore 2: il contributo appartiene ad una ricerca in corso su fondi PON&RI e FSE-REACT EU.

NOTE

¹ La ricerca rientra nelle attività di ricerca svolte dal Sustainable Architecture Lab (SA Lab) della Prince Sultan University (PSU) e dal Nature-City Lab della Università degli Studi della Basilicata, che hanno come obiettivo comune lo sviluppo di ricerche interdisciplinari volte a definire metodologie operative, strumenti e pratiche di progetto per una transizione giusta verso scenari di sostenibilità.

REFERENCES

- Abdullatif, A., Othman, Z. and Ward, G. (1985), "The Diplomatic Quarter and Ministry of Foreign Affairs Staff Housing Project, Riyadh", in Sevckenko M.B. (Ed.), *Designing in Islamic Cultures 5: Large Housing Projects*, Cambridge, Massachusetts: Aga Khan Program for Islamic Architecture.
- Ahmed, K.G. (2018), Sustainable Urban Regeneration Strategies for Deteriorated Neighborhoods Centers in UAE, in Firat, S., Kinuthia, J. and Abutair, A. (eds), *Proceedings of 3rd International Sustainable Buildings Symposium (ISBS 2017)*. ISBS 2017. *Lecture Notes in Civil Engineering*, Vol. 6, Springer, Cham, pp. 736-749.
- Al Arfai, K.A. (2022), *Energy Transition in Saudi Arabia*.
- Al-Hathloul, S. (2003), "Riyadh, Saudi Arabia", in R. S. Sennott (Ed.), *Encyclopedia of 20th-Century Architecture*, pp. 1113-1115, Chicago: Fitzroy Dearborn Publishers.
- Cajot, S., Peter, M., Bahu, J.-M., Guignet, F., Koch, A. and Maréchal, F. (2017), "Obstacles in energy planning at the urban scale", *Sustainable Cities and Society*, Vol. 30, pp. 223-236.
- Chaiechi, T., Pryce, J., Eijdenberg, E., and Azzali, S. (2022), "Rethinking the Contextual Factors Influencing Urban Mobility: A New Holistic Conceptual Framework", *Urban Planning*, Vol. 7, n. 4, pp. 140-152.
- Girardet, H. (2010), "Regenerative Cities", in Shmelev, S. (Ed.), *Green Economy Reader. Studies in Ecological Economics*, Springer, Cham, pp. 183-204.
- Katar, I. (2022), "Promoting pedestrian ecomobility in Riyadh City for sustainable urban development", *Scientific Reports*, Vol. 12, p. 14808.
- Koutra, S., Balsells Mondejar, M. and Becue V. (2022), "The Nexus of 'urban resilience' and 'energy efficiency' in cities", *Current Research in Environmental Sustainability*, Vol. 4, p. 100118.
- Lyle, J.T. (1996), *Regenerative Design for Sustainable Development*, Wiley, New York.
- Mareeva, V.M., Ahmad, A.M., Ferwati, M.S. and Garba, S.B. (2022), "Sustainable Urban Regeneration of Blighted Neighborhoods: The Case of Al Ghanim Neighborhood, Doha, Qatar", *Sustainability*, Vol.14, 6963.
- Ministry of Municipal and Rural Affairs and UN-Habitat, (2019), *Saudi Cities Report*, UN-Habitat, Nairobi.
- Mirakyan, A. and Guio, R.D. (2014), "A methodology in innovative support of the integrated energy planning preparation and orientation phase", *Energy*, Vol. 78, pp. 916-927.
- Molintas, D.T. (2017), *Sustainable design principles: Analysis of The Al Safarat diplomatic quarters*, YTT Quaesitum Research.
- Nižetić, S., Arıcı, M. and Hoang, A.T. (2023), "Smart and Sustainable Technologies in energy transition", *Journal of Cleaner Production*, Vol. 389.
- Oudes, D., and Stremke, S. (2018), "Spatial transition analysis: Spatially explicit and evidence-based targets for sustainable energy transition at the local and regional scale", *Landscape and Urban Planning*, Vol. 169, n.1, pp. 1-11.
- Pintaris, S. and Kießling, D. (2022), *Creating NEBourhoods Together – Munich Neuperlach*, Presentation, 14 July 2022.
- Roggema, R. (2022), *Design for Regenerative Cities and Landscapes*, Springer, Cham.
- Sijmons, D., Hugtemburg, J., Feddes, F. and van Hoorn, A. (2014), *Landscape and Energy. Designing Transition*, NAI010 Publishers, Rotterdam.
- Shubbar, F. and Furlan, R. (2018), "Kanoo, a Traditional Urban Neighborhood in Manama City: an Approach to Promote Urban Regeneration and Enhance Livability", *Saudi Journal of Civil Engineering*, pp.105-121.
- Stoeglehner, G. (2020), "Integrated spatial and energy planning: a means to reach sustainable development goals", *Evolutionary and Institutional Economics Review*, Vol 17, pp. 473-486.
- Stoeglehner, G., Narodoslowsky, M., Erker, S. and Neugebauer, G. (2016), "Introduction", in *SpringerBriefs in Applied Sciences and Technology*, Springer: Cham, pp. 1-10.
- Stremke, S. (2010), *Designing sustainable energy landscapes: concepts, principles and procedures*, PhD Thesis, Wageningen University.
- Sultan, B., Katar, I.M. and Al-Atroush, M.E. (2021), "Towards sustainable pedestrian mobility in Riyadh city, Saudi Arabia: A case study", *Sustainable Cities and Society*, Vol. 69, p. 102831.
- Terrados, J. Almonacid, G. and Hontoria, L. (2007), "Regional energy planning through SWOT analysis and strategic planning tools: Impact on renewables development", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 11, n. 6, pp. 1275-1287.
- UN-Habitat (2014), *A new strategy of sustainable neighborhood planning: Five Principles*, Discussion Note 3.
- UN-Habitat (2018), *Energy and Resource Efficient Urban Neighborhood Design Principle for Tropical Countries. A Practitioner's Guidebook*, UNON Publishing Services Section, Nairobi.
- UN Saudi Arabia (2018), *Towards Saudi Arabia's Sustainable Tomorrow*.

HOUSING IN TRANSIT. Quale transizione per l'edilizia residenziale pubblica industrializzata?

Just Accepted: April 28, 2023 Published: October 31, 2023

SAGGI E PUNTI
DI VISTA/
ESSAYS AND
VIEWPOINT

Marina Block¹, <https://orcid.org/0000-0001-6829-5755>

Roberto Ruggiero², <https://orcid.org/0000-0002-5048-9444>

¹ Dipartimento di Architettura, Università di Napoli "Federico II", Italia

² Scuola di Architettura e Design, Università di Camerino, Italia

marina.block@unina.it

roberto.ruggiero@unicam.it

Abstract. Il paper propone una riflessione sulle possibili strategie di "transizione" del patrimonio edilizio residenziale industrializzato alla luce della sua natura sistemica e dell'attuale disponibilità tecnologica, con particolare riferimento alle tecnologie digitali. Partendo dalla lettura critica di interventi praticati negli ultimi decenni, da cui emerge un quadro frammentato di soluzioni puntuali non codificabili come strategie organiche e replicabili, si propone uno *screening* di alcune ricerche nell'ambito dell'housing in contesto di transizione ecologica e digitale. Ne emerge l'attenzione del mondo della ricerca verso approcci olistici di più ampio respiro, che guardano alla transizione energetica quale processo strettamente connesso alla transizione dell'intero organismo edilizio e della comunità che lo abita.

Keywords: Circolarità; Open building; Riqualificazione; Sistemi industrializzati; Housing.

L'edilizia residenziale industrializzata in epoca di transizioni

Da tempo, il patrimonio edilizio esistente è stato riconosciuto dall'Unione Europea quale contesto sensibile nell'ambito delle politiche di contrasto al cambiamento climatico¹. Stando ai dati dell'EU Building Stock Observatory (BSO)², in Europa tale patrimonio è per il 75% residenziale (89% in Italia)³ ed è databile, per il 50%, tra gli anni '50 e la fine degli anni '80 del secolo scorso (European Commission, 2013). Sono parte di questo stock abitativo i grandi insediamenti residenziali conosciuti in Francia come *grands ensembles* o, nel contesto internazionale, come *mass housing estates*. Si tratta di un patrimonio abitativo vasto e diffuso, generalmente posto ai margini delle principali città europee. Frutto di politiche edilizie di carattere sociale tese all'inurbamento rapido e a basso costo di un numero elevato di persone, tali quartieri condividono, in particolare, due aspetti. Il primo, di carattere culturale, riguarda la respon-

Da tempo, il patrimonio edilizio esistente è stato riconosciuto dall'Unione Europea quale contesto sensibile nell'ambito

denza all'utopia modernista di riformare la società attraverso l'architettura: «Credevamo davvero [...] nella perfettibilità della natura umana, nel ruolo dell'architettura come arma di riforma sociale», sosteneva, ad esempio, Philip Johnson (Coleman, 1985). In tal senso, quale esempio di un approccio sperimentale e di una visione riformatrice dei tradizionali modelli abitativi, i Robin Hood Gardens di Alison e Peter Smithson rappresentano uno degli esempi emblematici di quartiere modernista, caratterizzato dall'alta densità abitativa, dalla "scala urbana" dei suoi manufatti, da un'idea "positivista" dell'Architettura (Fig. 1). Il secondo, riguarda invece gli aspetti produttivi, ovvero le tecniche di prefabbricazione edilizia e di industrializzazione del cantiere con cui la maggior parte di questi insediamenti fu realizzata. Tra le tecnologie maggiormente utilizzate, spiccano i sistemi costruttivi in calcestruzzo armato, nella doppia versione a pannelli prefabbricati, come il sistema "WBS 70"⁴, o il sistema di prefabbricazione in opera cosiddetto "*coffrage tunnel*"⁵ di matrice francese, ampiamente utilizzato anche in Italia (Fig. 2). In particolare nei casi di impiego di queste tecniche, emerge l'immagine di edifici standardizzati non solo nei sistemi costruttivi ma anche nella monotona e rigida articolazione degli spazi interni, caratterizzati da profondi livelli di obsolescenza tecnologica.

Un' "utopia sotto processo" Dopo solo alcuni decenni di esercizio, molti di «questi grandi complessi residenziali [...] necessitano di un grande rinnovamento. Quelli che un tempo erano celebrati come progetti di

HOUSING IN TRANSIT. Which transition for the industrialised public housing?

Abstract. The paper reflects possible "transition" strategies for the industrialised residential building stock considering its systemic nature and current technological availability, with particular reference to digital technologies. Screening of some research on housing in the context of ecological and digital transition is proposed, starting from a critical review of interventions over the past decades, which reveal a fragmented framework of punctual solutions that cannot be codified as organic and replicable strategies. This highlights the research world's focus on broader holistic approaches that look at energy transition as closely related to the transition of the entire building organism and the inhabiting community.

Keywords: Circularity; Open building; Redevelopment; Industrialised systems; Housing.

Industrialised housing in the transition era

The existing building stock has long been recognised by the European Union as a sensitive context in the field of climate change policies¹. According to data from the EU Building Stock Observatory (BSO)², in Europe 75% of this stock is residential (89% in Italy)³ and 50% of it dates from the 1950s to the late 1980s (European Commission, 2013).

Part of this housing stock comprises the large residential settlements known in France as *grands ensembles* or, in the international context, as mass housing estates. This vast and widespread housing heritage is generally situated in the outskirts of major European cities.

As the result of social housing policies aimed at the rapid and low cost urbanisation of large numbers of people, these districts especially share two

aspects. The first, of a cultural nature, relates to their compliance with the modernist utopia of reforming society through architecture: «We really believed [...] in the perfectibility of human nature, in the role of architecture as a weapon of social reform», claimed, for example, Philip Johnson (Coleman, 1985).

In this sense, an experimental approach and a reforming vision of traditional housing models can be found in Alison and Peter Smithson's Robin Hood Gardens, one of the emblematic examples of a modernist district characterised by its high housing density, the "urban scale" of its buildings, and a "positivist" idea of Architecture (Fig. 1).

The second concerns the production aspects, i.e. building prefabrication and site industrialisation techniques adopted for most of these settlements.

01 | Alison e Peter Smithson alla Biennale di Venezia del 1976. ©Courtesy Smithson Family Collection
 Alison and Peter Smithson at the 1976 Venice Biennale. ©Courtesy Smithson Family Collection

02 | Con riferimento ai brevetti adottati in altri paesi europei, P.Alonso e H.Palmarola, sostengono che con i «flying panels» sarebbero stati costruiti «più di 5 miliardi di metri quadrati di abitazioni in tutto il mondo» (Alonso, Palmarola, 2019)
 With reference to the patents adopted in other European countries, P.Alonso and H.Palmarola argue that with the «flying panels» «more than 5 billion square meters of homes around the world» would have been built (Alonso, Palmarola, 2019)

edilizia residenziale pubblica all'avanguardia, oggi sono spesso considerati quartieri problematici» (Engel, 2019). La crisi dell'edilizia residenziale industrializzata è una vicenda nata quasi in contemporanea con la sua nascita e progressiva diffusione. «Utopia on trial» è l'emblematico titolo di una ricerca svolta, già nel 1985, dalla ricercatrice britannica Alice Coleman che metteva «sotto processo» l'edilizia residenziale industrializzata largamente diffusa nel Regno Unito, cercando di comprendere cosa non avesse funzionato in quello che la stessa Coleman definisce come «utopia modernista» (Coleman, 1985)⁶. Tale condizione è particolarmente accentuata in quei casi dove, contrariamente ai Robin Hood Gardens, la *ratio* produttiva ha prevalso su quella progettuale, ovvero dove la possibilità di costruire rapidamente e a basso costo con sistemi industrializzati ha prevalso sulle aspirazioni progettuali di utilizzare le nuove tecnologie per lo sviluppo di sistemi insediativi innovativi. Tale ultima condizione è molto diffusa ed assume una peculiarità nei paesi dell'Europa meridionale e orientale, entrati nell'UE a partire dal 2004, dove la scadente qualità edilizia dei manufatti, le originarie politiche insediative basate sulla concentrazione dei ceti meno abbienti, l'assottigliamento delle politiche di *welfare* abitativo e la nascita di quelle di alienazione del patrimonio pubblico in favore dei privati (passati dalla condizione di affittuari a quella di proprietari) ha accentuato processi degenerativi e di vulnerabilità sociale che hanno spesso reso tale patrimonio «estraneo» agli attuali standard abitativi e normativi.

Politiche e pratiche trasformative

The most commonly used technologies include reinforced concrete construction systems, in the double version with prefabricated panels, such as the «WBS 70» system⁴, or the French «*coffrage tunnel*» prefabrication system⁵, widely used in Italy as well (Fig. 2).

Notably in cases where these techniques are used, an image emerges of buildings that are standardised not only in their construction systems but also in the monotonous and rigid articulation of interior spaces, characterised by deep levels of technological obsolescence.

A «utopia on trial»

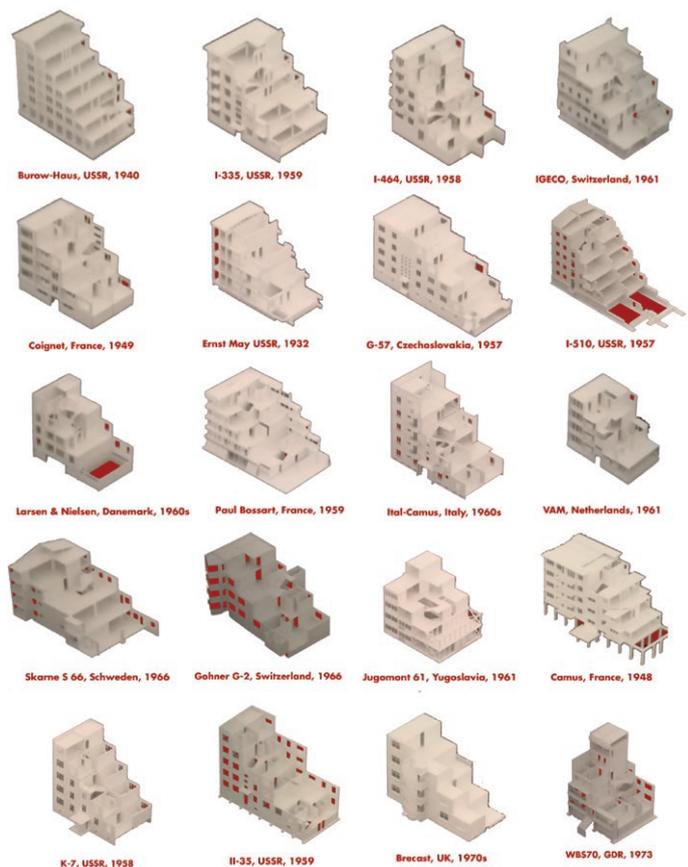
Only a few decades into operation, many of «these large housing estates [...] have a great need for renewal. The ones celebrated as progressive public housing projects, are now often con-

Da un'osservazione degli interventi praticati negli ultimi decenni, emerge un quadro fram-

sidered problematic quarters» (Engel, 2019).

The crisis of industrialised housing is an issue that arose almost simultaneously with its emergence and progressive spread. «Utopia on trial» is the emblematic title of research carried out as early as 1985 by the British researcher Alice Coleman, who put «on trial» the industrialised housing widely diffused in the United Kingdom, trying to figure out all that had not worked in what Coleman herself defines as «modernist utopia» (Coleman, 1985)⁶.

This is particularly pronounced in those cases where, in contrast to Robin Hood Gardens, the production *ratio* has prevailed over the design *ratio*, i.e. where the possibility to construct rapidly and at low cost with industrialised systems has prevailed over design aspirations to use new technologies for the development of innovative settlement systems.



mentato di soluzioni puntuali che non possono essere codificate come strategie organiche e replicabili (Meuser, 2018). Solo una parte esigua di questo patrimonio è stato oggetto di pratiche trasformatrici finalizzate alla sua transizione verso standard abitativi, ambientali e sociali compatibili con l'attuale domanda e i nuovi vincoli normativi. In particolare negli ultimi venti anni, parziali ed incomplete sono state le risposte prodotte nei principali paesi europei. Dalle diverse condizioni economiche, sociali e di mercato sono difatti risultati interventi pilota differenti che, tuttavia, difficilmente hanno trovato un seguito significativo in altre esperienze. Tra questi ultimi, si possono citare metodologie di intervento di diversa entità che vanno dalla riqualificazione edilizia e all'efficientamento energetico, come nel caso di Oleanderweg a Halle-Neustadt di Stefan Forster (Fig. 3), fino a più radicali interventi di ristrutturazione profonda, come per i casi emblematici di Park Hill a Sheffield (Fig. 4)⁷ o il Quartier du Grand Parc a Bordeaux di Lacaton e Vassal⁸ (Fig. 5). Tuttavia si tratta di esperienze localizzate prevalentemente in contesti con minore vulnerabilità sociale (la Germania) o in contesti di gentrificazione, come nel caso del Regno Unito. In altri casi è stata intrapresa la strada della demolizione (Fig. 6), i cui costi ambientali e sociali si sono rilevati quasi sempre alti, difficilmente sono stati resi necessari da questioni legate all'obsolescenza tecnologica dei manufatti; spesso è dipeso dalla poca convenienza economica della *trasformazione* rispetto ad ipotesi di demolizione/ricostruzione o dall'impossibilità di agire, per mancanza di strumenti appropriati, su contesti sociali ed economici ormai compromessi (Crawford *et al.*, 2014). Escludendo, dunque, le condizioni-limite (*gentrification vs demolition*), per la maggior parte di tale patrimonio emerge da tempo una do-

The latter condition is widespread and becomes peculiar in the countries of southern and eastern Europe, which joined the EU in 2004, where the poor quality of buildings, the original settlement policy based on the concentration of poorer classes, the reduction of housing welfare policies, and the emergence of those alienating public property in favour of private individuals (who have moved from the status of tenants to that of owners) have accentuated degenerative processes and social vulnerability, often making such property 'alien' to current housing and regulatory standards.

Policies and transformative practices
Looking at the interventions implemented over the past decades, a fragmented frame of point solutions emerges that cannot be codified as organic and replicable strategies (Meuser, 2018).

Only a small part of this estate has been involved in transformative practices aimed at its transition towards housing, environmental and social standards compliant with current demand and new regulatory constraints. Particularly in the last twenty years, partial and incomplete responses have been produced in the main European countries.

However, the different economic, social and market conditions have indeed led to different pilot interventions, which have hardly been followed up in other experiences.

These include different intervention methods ranging from building redevelopment and energy efficiency, as in the case of Oleanderweg in Halle-Neustadt by Stefan Forster (Fig. 3), to more radical deep renovation, as in the emblematic cases of Park Hill in Sheffield (Fig. 4)⁷ or the Quartier du Grand



05 |



Parc in Bordeaux by Lacaton and Vassal (Fig. 5)⁸.

These experiences were mainly located in contexts of less social vulnerability (Germany) or in gentrification contexts, as in the case of the United Kingdom. In other cases, the demolition route was taken (Fig. 6), whose environmental and social costs have almost always been high. Rarely were they necessary for issues concerning the technological obsolescence of the buildings. It has often depended on the low economic viability of the transformation compared to the demolition/reconstruction option or the impossibility of taking action on compromised social and economic settings due to the lack of appropriate tools (Crawford *et al.*, 2014).

Hence, excluding the extreme conditions (gentrification vs. demolition), a research question has long emerged for

most of this estate focused on the way to trigger the necessary “transition” of this huge housing stock to a new life cycle: «making this large housing estate sustainable and viable for the future is a big and ambitious task» (Engel, 2019).

New building systems for new housing systems: a holistic approach

In recent decades, such phenomena as immigration, the flexibility of the labour market, an ageing population as well as the transformation of the traditional family have led to a housing emergency in European Union member states, partly exacerbated by the inadequacy of the existing housing stock to cope with the changing housing demand.

This inadequacy becomes macroscopic when we consider the energy efficiency targets that Europe’s building



| 06



manda di ricerca focalizzata su come innescare l'inderogabile "transizione" di questo ingente stock abitativo verso un nuovo ciclo di vita: «rendere questi grandi complessi residenziali sostenibili e autosufficienti per il futuro è un compito grande e ambizioso» (Engel, 2019).

Nuovi sistemi edilizi per nuovi sistemi abitativi: un approccio olistico

Fenomeni quali l'immigrazione, la flessibilità del mercato del lavoro, l'invecchiamento della popolazione, la trasformazione della famiglia tradizionale, negli ultimi decenni, nei paesi membri dell'Unione Europea, un'emergenza abitativa in parte acuita dall'inadeguatezza dello stock abitativo esistente a soddisfare l'evoluzione della domanda abitativa. Tale inadeguatezza assume proporzioni macroscopiche se consideriamo gli obiettivi di efficienza energetica che il patrimonio edilizio europeo dovrà raggiungere entro il 2050. In questo ambito, riqualificare il patrimonio di edilizia residenziale pubblica industrializzata rappresenta un task di particolare complessità. «Il nostro tema [...] non è l'architettura, ma l'ambiente costruito», sosteneva J. N. Habraken in premessa alla sua critica al *mass housing*, e «l'ambiente costruito non comprende solo le forme fisiche – edifici, strade e infrastrutture – ma anche le persone che agiscono su di esse» (Habraken 2000). In accordo con lo studioso olandese, si profila la necessità di un approccio olistico, e non specialistico, alla "riorganizzazione" di tale patrimonio, perseguibile attraverso strategie progettuali e processi multilivello che agiscano in modo organico sugli aspetti energetici, ambientali, tecnologici, sociali, funzionali e gestionali dell'edificio (Karakusevic, 2017). In questa prospettiva, le risorse

stock will have to achieve by 2050. In this context, redeveloping the industrialised public housing stock is a particularly complex task.

«Our subject [...] is not architecture, but built environment» argued J. N. Habraken in the premise of his critique of mass housing, and «the built environment comprises not only physical forms – building, streets, and infrastructure – but also the people acting on them» (Habraken 2000).

According to the Dutch researcher, there is a need for a holistic, rather than a specialised, approach to the "reorganisation" of this heritage, which can be pursued through multilevel design strategies and processes that harmoniously address the building (Karakusevic, 2017).

In this perspective, European resources for the energy transition of the existing building stock, as well as the visions

Fenomeni quali l'immigrazione, la flessibilità del mercato del lavoro, l'invecchiamento della popolazione, la trasformazione

della famiglia tradizionale, negli ultimi decenni, nei paesi membri dell'Unione Europea, un'emergenza abitativa in parte acuita dall'inadeguatezza dello stock abitativo esistente a soddisfare l'evoluzione della domanda abitativa. Tale inadeguatezza assume proporzioni macroscopiche se consideriamo gli obiettivi di efficienza energetica che il patrimonio edilizio europeo dovrà raggiungere entro il 2050. In questo ambito, riqualificare il patrimonio di edilizia residenziale pubblica industrializzata rappresenta un task di particolare complessità. «Il nostro tema [...] non è l'architettura, ma l'ambiente costruito», sosteneva J. N. Habraken in premessa alla sua critica al *mass housing*, e «l'ambiente costruito non comprende solo le forme fisiche – edifici, strade e infrastrutture – ma anche le persone che agiscono su di esse» (Habraken 2000). In accordo con lo studioso olandese, si profila la necessità di un approccio olistico, e non specialistico, alla "riorganizzazione" di tale patrimonio, perseguibile attraverso strategie progettuali e processi multilivello che agiscano in modo organico sugli aspetti energetici, ambientali, tecnologici, sociali, funzionali e gestionali dell'edificio (Karakusevic, 2017). In questa prospettiva, le risorse

underlying the Long-Term Renovation Strategies, the Renovation Wave as well as the European Green Deal, constitute the economic and cultural prerequisites, and also the "opportunity" to imagine intervention strategies capable of triggering energy efficiency goals from a deep reconfiguration of the building and housing system, involving the inhabitants themselves in the transition process, and orienting this process towards the circularity principles, which underpin the latest environmental policies (Ness, 2021).

Despite the differences in national and local contexts, defining a social housing efficiency programme as part of the strategy to tackle energy poverty is at the core of the post-Covid-19 economic recovery programmes because it offers opportunities in terms of employment and stimulus for the construction sector, and intercepts

se messe in campo in Europa per la transizione energetica del patrimonio edilizio esistente nonché le visioni alla base delle Long Term Renovation Strategies, della Renovation Wave e del Green Deal europeo, costituiscono il presupposto economico e culturale, nonché l'"occasione", per immaginare strategie di intervento che sappiano far scaturire obiettivi di efficientamento energetico da una riconfigurazione profonda del sistema edilizio ed abitativo, coinvolgendo gli stessi abitanti nel processo di transizione e orientando tale processo verso quei principi di circolarità alla base delle più attuali politiche ambientali (Ness, 2021). Pur nelle diversità che caratterizzano le varie situazioni nazionali e locali, l'istituzione di un programma di efficientamento degli edifici di edilizia popolare nella strategia di contrasto alla povertà energetica, è al centro dei programmi per la ripresa economica del post-Covid-19, per le opportunità che offre in termini di occupazione e di stimolo per il settore delle costruzioni, e intercetta questioni tecniche e fiscali, normative e informative. Il ruolo dell'efficienza energetica come soluzione strutturale e a lungo termine nelle riqualificazioni profonde, si affianca dunque a tutti i livelli di *governance* dei processi, con le loro implicazioni sociali, economiche, politiche, ambientali e sanitarie (Amato *et al.*, 2020).

Gli edifici realizzati con sistemi industrializzati appaiono potenzialmente adatti ad una siffatta ipotesi. Il carattere sistemico con cui furono concepiti e prodotti può essere assunto come riferimento per lo sviluppo di strategie rigenerative precluse all'edilizia tradizionale, potendo operare una parziale sostituzione/riconfigurazione di intere parti del sistema edilizio. Il progetto di nuove relazioni tettoniche tra vecchi e nuovi componenti potrebbe portare a una riconfigurazione sostanziale dell'orga-

technical and tax, regulatory and information issues.

The role of energy efficiency as a structural and long-term solution in deep renovations, therefore, runs alongside all levels of process governance, with their social, economic, political, environmental, and health implications (Amato *et al.*, 2020).

The buildings constructed with industrialised systems seem potentially suitable for such a hypothesis. The systemic character they were conceived and produced with can be taken as a reference for the development of regenerative strategies foreclosed to traditional buildings, as they could partially replace/reconfigure entire parts of the building system.

The design of new tectonic relationships between old and new components could lead to a substantial reconfiguration of the building organism,

also in terms of spatial layout, new conditions of use, different bioclimatic behaviour and, subsequently, new physical-technical performance (Kendall, 2021).

Such an opportunity – if supported by the available new digital approaches in the field of design, production and management of building systems – could broaden the horizon of already proven retrofit strategies towards more comprehensive and innovative energy transition strategies.

Digital innovation and scientific research

The recognition of the failed application of industry paradigms to the construction sector – especially in the field of housing – provides an opportunity to trace new paths for the industrialisation of construction, precisely, open industrialisation aimed at customising

nismo edilizio, anche in termini di articolazione spaziale, nuove condizioni d'uso, diverso comportamento bioclimatico e, dunque, nuove prestazioni fisico-tecniche (Kendall, 2021). Tale opportunità – se supportata dai nuovi approcci digitali oggi disponibili nel campo del progetto, della produzione e della gestione di sistemi edilizi – potrebbe ampliare l'orizzonte delle già collaudate strategie di *retrofit* verso più ampie e innovative strategie di transizione energetica.

Innovazione digitale e ricerca scientifica

Il riconoscimento del fallimento dell'applicazione dei paradigmi dell'industria al settore delle costruzioni – in particolare nel campo della residenza – costituisce un'occasione per rintracciare nuove vie per l'industrializzazione dell'edilizia: un'industrializzazione aperta e orientata alla personalizzazione non solo dei prodotti finiti ma anche dei componenti. Le esperienze di trasferimento delle tecniche CAD e CAM, messe a punto nei settori a tecnologia evoluta, si muovono proprio in questa direzione. A partire da uno *screening* di alcune ricerche nell'ambito dell'*housing* in contesto di transizione ecologica e digitale, emerge l'attenzione del mondo della ricerca verso approcci olistici di più ampio respiro, come nel caso di alcune ricerche sviluppate nell'ambito della strategia Housing Europe⁹. In tale ambito, emergono nuovi possibili approcci alla riqualificazione grazie all'implementazione di strumenti digitali tesi all'ottimizzazione, al controllo e alla condivisione dei processi progettuali (*Digital twins*, *Big Data Analytics*, *Artificial Intelligence*) e di quelli costruttivi (*Modern Methods of Construction*, *Off-Site Manufacturing*). La loro applicazione intercetta gli obiettivi di circolarità, customizzazio-

not only finished products but also components.

The experiences of transferring CAD and CAM techniques, which have been developed in high-tech sectors, move precisely in this direction. By initially screening some research in the field of housing in the ecological and digital transition context, the attention of the research world toward broader holistic approaches emerges, as in the case of some research developed within the Housing Europe strategy⁹. In this field, new possible approaches to redevelopment emerge thanks to the implementation of digital tools aimed at optimising, monitoring and sharing design processes (Digital twins, Big Data Analytics, Artificial Intelligence) and construction processes (Modern Methods of Construction, Off-Site Manufacturing). Their application intercepts the purposes of circularity,

Il riconoscimento del fallimento dell'applicazione dei paradigmi dell'industria al settore

delle costruzioni – in particolare nel campo della residenza – costituisce un'occasione per rintracciare nuove vie per l'industrializzazione dell'edilizia: un'industrializzazione aperta e orientata alla personalizzazione non solo dei prodotti finiti ma anche dei componenti. Le esperienze di trasferimento delle tecniche CAD e CAM, messe a punto nei settori a tecnologia evoluta, si muovono proprio in questa direzione. A partire da uno *screening* di alcune ricerche nell'ambito dell'*housing* in contesto di transizione ecologica e digitale, emerge l'attenzione del mondo della ricerca verso approcci olistici di più ampio respiro, come nel caso di alcune ricerche sviluppate nell'ambito della strategia Housing Europe⁹. In tale ambito, emergono nuovi possibili approcci alla riqualificazione grazie all'implementazione di strumenti digitali tesi all'ottimizzazione, al controllo e alla condivisione dei processi progettuali (*Digital twins*, *Big Data Analytics*, *Artificial Intelligence*) e di quelli costruttivi (*Modern Methods of Construction*, *Off-Site Manufacturing*). La loro applicazione intercetta gli obiettivi di circolarità, customizzazio-

customisation, energy efficiency and environmental quality, as well as the active participation of communities in decision-making processes.

Based on the analysis of some of the Housing Europe projects, the first trend looks at the concept of digital community and circularity, as in the case of the DRIVE 0¹⁰ project, which pursues the idea of “circular renovation”, extensive renovation based on 100% renewable energy in the lifecycle and on materials from infinite technical or biological cycles with the least loss of quality.

The technical solutions as well as the supporting business models are, therefore, people-oriented, i.e. in connection with their expectations and daily habits, with the aim of reducing energy consumption.

Likewise, the main goal of the HOUSEFUL¹¹ project is to develop innovative

ne, efficienza energetica e qualità ambientale, ma anche di partecipazione attiva delle comunità ai processi decisionali.

Come emerge dall'analisi di alcuni dei progetti di Housing Europe, una prima tendenza guarda al concetto di comunità digitale e circolarità, come nel caso del progetto DRIVE 0¹⁰ che porta avanti l'idea di “ristrutturazione circolare”, intesa come una ristrutturazione profonda, basata sul 100% di energia rinnovabile nel ciclo di vita e sull'appartenenza dei materiali utilizzati a cicli tecnici o biologici infiniti con la minor perdita di qualità. Sia le soluzioni tecniche che i modelli di *business* a supporto sono quindi orientati alle persone, cioè in connessione con le loro aspettative e abitudini quotidiane, con l'obiettivo di ridurre il consumo energetico. Analogamente, l'obiettivo principale del progetto HOUSEFUL¹¹ è quello di sviluppare servizi circolari integrati innovativi incentrati sulla gestione ottimale energia, risorse, materiali e rifiuti durante tutte le fasi del ciclo di vita degli edifici residenziali. Tali servizi saranno guidati da un archivio interattivo di facile utilizzo delle nuove opportunità di business dell'economia circolare (CEBO).

Una seconda tendenza fa riferimento all'approccio *Energiesprong*¹², come nel caso del progetto BuildUPspeed¹³ volto ad accelerare il volume e la profondità della *deep renovation* del parco immobiliare dell'UE, introducendo e implementando una piattaforma di attivazione del mercato per la promozione e l'implementazione di soluzioni di ristrutturazione industrializzate. Il progetto capitalizza gli esiti dei progetti Horizon pertinenti, in particolare quelli sulla prefabbricazione, l'applicazione del metodo BIM per la ristrutturazione e l'industria 4.0. Il progetto Life Giga Regio Factory¹⁴ si basa invece su un modello di intervento ad ampia scala, puntando, entro il 2030,

integrated circular services focused on optimal management of energy, resources, materials and waste during all phases of the lifecycle of residential buildings. These services will be driven by a user-friendly interactive repository of new Circular Economy Business Opportunities (CEBO).

A second trend refers to the *Energiesprong*¹² approach, as in the case of the BuildUPspeed¹³ project aimed at accelerating the volume and depth of deep renovation of the EU housing stock by introducing and implementing a market activation platform for the promotion and implementation of industrialised renovation solutions.

The project builds on the outcomes of relevant Horizon projects, in particular those on prefabrication, the application of BIM for renovation, and Industry 4.0. The Life Giga Regio Factory¹⁴ project, on the other hand, is based

on a large scale intervention model, aiming, by 2030, to intervene in one million dwellings to be transformed into zero-energy dwellings by directly involving the manufacturing world via an open-source tool for housing qualification and by companies sharing innovative technological solutions.

Finally, a third trend looks towards the creation of a holistic, cutting-edge AI-based framework for decision support models, data analysis, and visualisation in real-life applications. This is the case of the MATRYCS¹⁵ project, which will take building energy management to a new level through improved data processing, analysis and aggregation.

The ARV¹⁶ project, which holds together the three pillars of circularity, customisation and data management, supporting the integration of buildings into their cultural and social environment, in line with the vision of the

a intervenire su un milione di abitazioni da trasformare in *zero energy dwellings* attraverso il coinvolgimento diretto del mondo produttivo tramite uno strumento *open-source* per la qualificazione degli alloggi e la condivisione di soluzioni tecnologiche innovative da parte delle aziende.

Infine, una terza tendenza guarda alla realizzazione di un *framework* olistico e all'avanguardia basato sull'AI per modelli di supporto decisionale, analisi dei dati e visualizzazioni in applicazioni della vita reale. È il caso del progetto MATRYCS¹⁵, in cui la gestione energetica degli edifici raggiungerà un nuovo livello grazie a una migliore elaborazione, analisi e aggregazione dei dati. A quest'ultima tendenza è possibile legare anche il progetto ARV¹⁶ che tiene insieme i tre pilastri di circolarità, customizzazione e gestione dei dati, sostenendo l'integrazione degli edifici nel loro ambiente culturale e sociale, in linea con la visione del New European Bauhaus (Fig. 7).

Conclusioni

Gli esiti di questo *screening* aprono una riflessione sulle possibili strategie di "transizione" del patrimonio edilizio residenziale industrializzato alla luce dell'attuale disponibilità tecnologica, della sua natura sistemica, della richiamata necessità di un approccio olistico, in una prospettiva che guarda alla transizione energetica quale processo strettamente connesso al 'transitare' dell'intero organismo edilizio e della comunità che lo abita, come già emerso nelle letture critiche degli anni '70 citate in precedenza.

In questo contesto, è possibile delineare dei campi di ricerca che affiancano al raggiungimento degli obiettivi di efficientamento energetico, supportati dalle ingenti risorse messe in campo in ambito europeo, strategie progettuali multilivello che agiscono in modo organico sugli aspetti ambientali, tecnologici, sociali, funzionali e gestionali dell'edificio.



Le ricerche individuano una serie di traiettorie progettuali di riqualificazione dell'edilizia residenziale pubblica esistente realizzata con un'intenzionalità sistemica che, rimettendo in gioco criticamente l'intero organismo edilizio, determinano forme evolute di partecipazione nel processo progettuale e gestionale del patrimonio, rese oggi possibili da supporti digitali sempre più performanti. In particolare, ci si trova dinanzi al concretizzarsi della rivoluzione culturale, iniziata negli anni '90, che non solo ha portato importanti cambiamenti nelle strutture stabilite, ma ha generato un nuovo campo d'azione, «un nuovo spazio sociale che si differenzia profondamente dagli ambienti naturali e urbani in cui tradizionalmente gli esseri umani hanno vissuto e agito» (Echeverría, 1999). Il *Third Environment* digitale, sovrapposto e interconnesso con il mondo fisico, sta contribuendo a generare una nuova realtà ibrida (fisico-virtuale), lasciando emergere nuove condizioni contestuali per l'architettura: un nuovo scenario complesso in cui deve ridefinire e adattare il suo significato e la sua funzione. Questo consente di attuare più agevolmente processi decisionali comunitari nell'ambiente costruito. In secondo luogo, fra i principali *driver* del rilancio auspicato per il nuovo ciclo edilizio, le ricerche individuano l'innovazione tecnologica legata all'informazione, categoria immateriale che già negli anni '80 era stata accolta in quanto essenza e segno di un diverso modo di vivere delle società umane, una nuova apparente forma di energia di cui si dispone. Questo lascia prefigurare che il territorio del processo edilizio non sia più solo quello fisico, o meglio, che questo, ibridato dall'informatizzazione, è reso più vivo e reattivo dalla componente umana (Ratti and Claudel, 2014). Infine, gli edifici realizzati secondo i processi e le tecnologie prima richiamati costituiscono sistemi tecnologici e ambientali ancora

disponibili ad essere trasformati in una prospettiva di efficienza che supera il concetto di "durata" dell'edificio e apre a quello di "circolarità" delle sue parti, di volta in volta modificabili e "customizzabili" in relazione alle molteplici e variabili necessità abitative. Questo porta a considerare il ritorno ad un approccio *Open Building*, che può pensare all'edificio come un organismo modulare, che possa subire nel tempo, laddove necessario, delle trasformazioni parziali. Si apre l'opportunità, pertanto, di istituire un processo iterativo, in cui la gestione di tale patrimonio sia guidata da obiettivi espliciti, operata attraverso politiche, protocolli e pratiche chiare e condivise e resa "adattativa" nella sua capacità di governare e di regolare fenomeni abitativi complessi entro cornici al contempo spaziali e ambientali, tecniche ed economiche, giuridiche e contrattuali.

Sfruttando tali soglie di reversibilità e adattabilità tecnologica e prevedendo interventi volti a superare le criticità originarie – differentemente dalle esperienze di riqualificazione precedentemente menzionate e non sempre compiute – sarà possibile ripensare in maniera innovativa all'approccio sistemico in base al quale tali quartieri furono realizzati e guardare all'edificio in un'ottica di gestione eco-sistemica (Fig. 8). Un tale approccio intende cogliere l'opportunità fornita oggi dalle politiche messe in campo dalla transizione ecologica per il raggiungimento di obiettivi più alti di riqualificazione profonda del patrimonio, dimostrando come per il progetto di rigenerazione del patrimonio edilizio esistente a carattere sistemico si possa delineare un livello di elaborazione intermedio, dove il rapporto tra le parti e il tutto non è univocamente determinato, ma si apre a una serie ampia di possibilità combinatorie che proiettano verso forme di abitabilità più aderenti agli attuali assetti della società.

New European Bauhaus, can also be linked to this latter trend (Fig. 7).

Conclusions

The results of this screening lead to a reflection on potential strategies for the "transition" of industrialised residential building stock under the current technological availability, its systemic nature, and the mentioned need for a holistic approach, in a perspective that looks at energy transition as a process closely connected to the "transition" of the entire building organism and its inhabiting community, as already emerged in the critical interpretations of the 1970s mentioned above.

In this context, it is possible to outline fields of research that flank the achievement of energy efficiency objectives, supported by the significant European funding, with multi-level design strategies that harmoniously

address the environmental, technological, social, functional and management dimensions of the building.

Research points to a series of design redevelopment trajectories of existing public housing constructed with a systemic intention that, by critically reconsidering the entire building organism, led to evolved forms of participation in the design and management process of the housing stock. This is enabled nowadays by increasingly high performance digital media.

More specifically, this is the materialisation of the cultural revolution that began in the 1990s, which has not only led to major changes in established frameworks but has also engendered a new field of action, «a new social space that differs profoundly from the natural and urban environments in which human beings have traditionally lived and acted» (Echeverría, 1999).

The digital Third Environment, overlapped and interconnected with the physical world, is helping to generate a new hybrid (physical-virtual) reality, giving rise to new contextual conditions for architecture, a new complex scenario that has to be re-defined and adapted both in meaning and function.

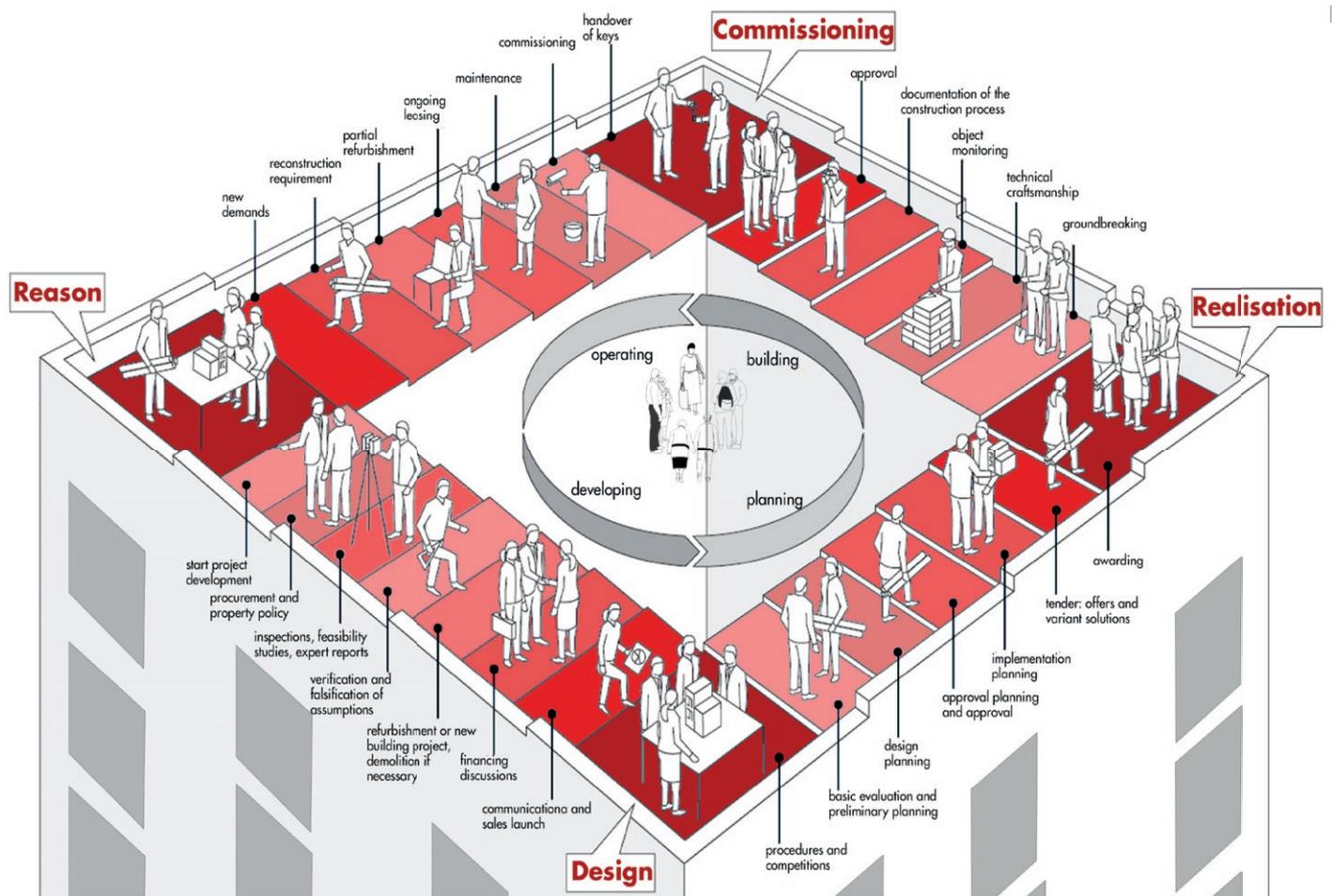
This enables easier implementation of community decision-making processes in the built environment. Secondly, the research identifies technological innovation linked to information as one of the main drivers of the desired revival of the new building cycle, an immaterial category already embraced in the 1980s as the essence and sign of a different way of living in human societies, a new apparent form of available energy.

This suggests that the field of the building process is no longer only the physi-

cal one, but that, hybridised by computerisation, it is made more alive and responsive by the human component (Ratti and Claudel, 2014).

Lastly, the constructions characterised by the above processes and technologies represent technological and environmental systems that are still suitable to be transformed in an efficiency perspective that goes beyond the concept of "durability" of the building and opens up to that of "circularity" of its parts, which can be modified and "customised" each time according to the multiple and variable living needs.

This brings us to consider a renaissance of an *Open Building* approach, which can consider the building as a modular organism subject to partial transformations over time, where necessary. Therefore, an opportunity opens up to establish an iterative process, in which the management of this



estate is driven by explicit goals, implemented through clear and shared policies, protocols, and practices, and made “adaptive” in its ability to control and regulate complex housing phenomena within frameworks that are spatial and environmental, technical and economic, legal and contractual. Exploiting these thresholds of reversibility and technological adaptability, and providing for interventions to overcome the original criticalities – in contrast to the aforementioned and not always successful redevelopment experiences – it will be possible to innovatively rethink the systemic approach these districts were built on, and to look at the building from an eco-systemic management perspective (Fig. 8).

Such an approach intends to seize the opportunity provided today by the ecological transition policies to achieve

higher objectives of deep renovation of the existing building stock, showing how an intermediate level of elaboration can be outlined for the systemic ones, where the relationship between the parts and the whole is not uniquely defined, but opens up to a wide range of possible combinations, which project towards forms of habitability that are more consistent with the current structures of society.

NOTES

¹ The Energy Performance of Buildings Directive (EPBD, 2010) and the Energy Efficiency Directive (EED, 2012) represent the key of these policies. Subsequently amended within the Clean Energy for all Europeans package (2018), they constitute the regulatory framework of the European strategy to tackle climate change.

² BSO is an initiative of the European

Commission’s Directorate-General for Energy (ENER) as part of the Clean Energy for All Europeans package of November 2016.

³ Even if the observation dates back to the year 2013, the data still appear completely reliable considering the long term of the building processes.

⁴ The “WBS 70” system (Wohnungsbauserie 70) is a very common “slab construction” typology in the former GDR in the early 1970s.

⁵ The term *Coffrage Tunnel* defines a construction process based on the use of large reusable formworks for the casting of reinforced concrete.

⁶ Another significant critique, centred around the idea of mass customisation, was given by architect N.J. Habraken in “Supports: An Alternative to Mass Housing”, written in 1972.

⁷ Built between 1957 and 1961, in 1998 Park Hill was listed as a settle-

ment of historical and cultural interest, traceable to Anglo-Saxon “brutalism” and inspired by the work of Alison and Peter Smithson. Its regeneration (2007/2017) is an example of deep renovation based on the assumptions of the Open Building, innovative for the technological solutions adopted and for the architectural quality achieved, but configurable more as a speculative action than as a resilient transformation.

⁸ Designed with the architects F. Druot and C. Hutin, the project consists in the transformation of 3 buildings of a large social residential complex. The general economy of the project is based on additive and subtractive strategies aimed at transforming the housing layouts and achieving better environmental conditions.

⁹ See <https://www.housingeurope.eu/section-38/our-projects>.

NOTE

¹ L'Energy Performance of Buildings Directive (EPBD, 2010) e l'Energy Efficiency Directive (EED, 2012) rappresentano il perno di tali politiche. Successivamente emendate all'interno del *Clean energy for all Europeans package* (2018), esse costituiscono il framework normativo della strategia europea di contrasto al cambiamento climatico.

² BSO è un'iniziativa della Direzione generale dell'energia della Commissione europea (ENER) nell'ambito del *Clean Energy for All Europeans package* del Novembre 2016.

³ Anche se l'osservazione risale all'anno 2013, i dati appaiono ancora del tutto attendibili considerando i tempi lunghi dei processi edilizi.

⁴ Il sistema "WBS 70" (*Wohnungsbauserie 70*) costituisce una tipologia "slab construction" molto diffusa nella ex DDR agli inizi degli anni '70.

⁵ Il termine *Coffrage Tunnel* definisce un procedimento costruttivo basato sull'uso di casseforme reimpiegabili di grandi dimensioni per il getto in opera di calcestruzzo armato.

⁶ Un'altra critica significativa, centrata attorno all'idea di *mass customization*, è stata data dall'architetto N.J. Habraken in "Supports: An Alternative to Mass Housing", scritto nel 1972.

⁷ Costruito tra il 1957 e il 1961, nel 1998 Park Hill è stato vincolato (*listed building*) come insediamento di interesse storico-culturale, riconducibile al "brutalismo" di matrice anglosassone ed ispirato al lavoro di Alison e Peter Smithson. La sua rigenerazione (2007/2017) costituisce un esempio di rigenerazione profonda fondata sui presupposti dell'*Open Building*, innovativa per le soluzioni tecnologiche adottate e per la qualità architettonica raggiunta, ma configurabile più come azione speculativa che come trasformazione resiliente.

⁸ Realizzato con gli architetti F. Druot e C. Hutin, il progetto consiste nella trasformazione di 3 edifici di un ampio complesso residenziale a carattere sociale. L'economia generale del progetto si basa su strategie additive e sottrattive finalizzate alla trasformazione dei layout abitativi e al raggiungimento di migliori condizioni ambientali.

¹⁰ Drive 0 (2019-2023) is based on the concept of "geo-clusters", different climatic areas interested by the seven pilot projects that form the consortium.

¹¹ HOUSEFUL (2018-2023) uses 4 demonstration sites located between Austria and Spain.

¹² Initiative launched by the Netherlands in 2014: an "industrial approach" to retrofitting, through off-site prefabrication of the main components and product customisation.

¹³ BuildUPspeed (2022-2025) develops and implements digital and physical retrofit market enablement platforms in five pilot markets and "pop-up" factories.

¹⁴ Life Giga Regio Factory (2022-2025) is a consortium between Italy, Belgium, Germany and France involving housing organisations and market development organisations.

¹⁵ MATRYCS (2020-2023) deals with

AI-based cross-sector analysis for energy efficient buildings across three levels – governance, processing and analytics – applied in 11 pilot projects. ¹⁶ ARV (2022-2025) uses strategies based on the combination of 9 thematic areas of interest and 6 pilot projects, involving 4 different climatic zones of Europe.

⁹ Cfr. <https://www.housingeurope.eu/section-38/our-projects>.

¹⁰ Drive 0 (2019-2023) è basato sul concetto di "geo-cluster", differenti aree climatiche in cui ricadono ciascuno dei sette progetti pilota che formano il consorzio.

¹¹ HOUSEFUL (2018-2023) utilizza 4 siti dimostrativi collocati tra Austria e Spagna.

¹² Iniziativa lanciata dai Paesi Bassi nel 2014: un "approccio industriale" al retrofit, attraverso la prefabbricazione *off-site* dei principali componenti e la customizzazione del prodotto.

¹³ BuildUPspeed (2022-2025) sviluppa e implementa piattaforme di attivazione del mercato di *retrofitting* digitale e fisico in cinque mercati pilota e fabbriche "pop-up".

¹⁴ Life Giga Regio Factory (2022-2025) è un consorzio tra Italia, Belgio, Germania e Francia che coinvolge organizzazioni di edilizia abitativa e organizzazioni di sviluppo del mercato.

¹⁵ MATRYCS (2020-2023) si occupa dell'analisi intersettoriale basata sull'AI per edifici ad alta efficienza energetica attraverso tre livelli – *governance, processing e analytics* – applicati in 11 progetti pilota.

¹⁶ ARV (2022-2025) utilizza strategie basate sulla combinazione di 9 aree tematiche di interesse e 6 progetti pilota, coinvolgendo 4 diverse zone climatiche d'Europa.

REFERENCES

Alonso, P. I. and Palmarola, H. (Eds) (2019), *Flying panels. How concrete panels changed the world*, ArkDes, Stockholm.

Amato *et al.* (2020), "Riqualificazione energetica del patrimonio immobiliare di edilizia residenziale pubblica", *Energia, Ambiente e Innovazione*, Vol. 3.

Coleman, A. (1985), *Utopia on trial. Vision and reality in planned housing*, Hilary Shipman, London.

Crawford, K. *et al.* (2014), *Demolition or refurbishment of social housing? A review of the evidence*, UCL Urban Lab and Engineering report.

Echeverria J. (1999), *Los Señores del Aire: Telépolis y el tercer Entorno*, Destino, Barcellona.

Engel, B. (Ed) (2019), *Mass housing in the socialist city. Heritage, values, and perspectives*, DOM publisher, Berlin.

European Commission (2013), "EU Buildings Factsheets", available at https://ec.europa.eu/energy/eu-buildings-factsheets_en.

Habraken, J.N. (2000), *The structure of the ordinary*, Mit Press, Cambridge (USA).

Karakusevic, P. and Batchelor, A. (2017), *Social Housing: Definitions and Design Exemplars*, RIBA Publishing, London.

Kendall, S. (2021), *Residential Architecture as Infrastructure. Open Building in Practice*, Routledge, London.

Meuser, P. (2018), *Prefabricated housing. Construction and design manual*. DOM Publishers, Berlin.

Ness, D. (2021), "The Shift From New Build to Regeneration. Can the New Bauhaus transform architecture and design to meet global challenges?", *AGATHÓN – International Journal of Architecture, Art and Design*, Vol. 9.

Ratti C. and Claudel M. (eds.) (2014), *Architettura Open Source, Verso una progettazione aperta*, Einaudi, Torino.

Chiara Tonelli¹, <https://orcid.org/0000-0002-1200-7993>

Barbara Cardone², <https://orcid.org/0000-0002-5924-5673>

Giuliana Nardi¹, <https://orcid.org/0000-0002-6502-958X>

¹ Dipartimento di Architettura, Università degli studi Roma Tre, Italia

² Dipartimento di Scienze della Formazione, Università degli Studi Roma Tre, Italia

chiara.tonelli@uniroma3.it

barbara.cardone@uniroma3.it

giuliana.nardi@uniroma3.it

Abstract. La transizione ecologica impone un netto cambiamento nell'edilizia, responsabile del 40% dei consumi finali di energia. In Italia gli edifici residenziali, 12 milioni su 14, incidono più del 27% sugli usi energetici. La loro riqualificazione è quindi obiettivo chiave per il raggiungimento di un ambiente costruito sostenibile. Nelle case è però necessaria anche una drastica riduzione della domanda energetica, poiché la diffusa proprietà immobiliare non consente il controllo capillare del suo uso domestico. È quindi fondamentale che gli abitanti comprendano la diretta relazione tra le loro azioni e il cambiamento climatico, affinché gli sforzi di efficientamento non risultino inutili. Il saggio individua nell'IA lo strumento che può favorire la formazione di una cittadinanza energetica.

Parole chiave: Edilizia residenziale; Consapevolezza ambientale; Efficienza Energetica; Cittadinanza Energetica; Intelligenza Artificiale (AI).

Cambiare il modello energetico: il contesto culturale e lo stato della ricerca

In Europa, la transizione energetica e la decarbonizzazione dell'economia richiedono un cambiamento decisivo nel settore delle costruzioni, respon-

sabile di più del 40% dei consumi finali di energia. L'edilizia residenziale, in particolare, rappresenta la fetta più grande del patrimonio immobiliare con 240 milioni di edifici su 265, e incide con una quota pari circa al 27% sui consumi (Eurostat, 2021). Inoltre, per raggiungere gli obiettivi climatici imposti dall'Europa per il 2030, il settore immobiliare deve ridurre le proprie emissioni del 60% (CE, 2020), ma dati recenti mostrano che siamo ancora molto lontani dal raggiungerlo (Camera dei Deputati, 2023) (Fig. 1).

L'UE ha introdotto il Green Deal e orientato le sue politiche verso l'accelerazione della decarbonizzazione (CE, 2019), tra le quali anche il raddoppio delle ristrutturazioni edilizie nei pros-

simi 10 anni, dato che attualmente solo l'1% degli edifici europei viene sottoposto a riqualificazione energetica ogni anno (Camera dei Deputati, 2023). La Comunità Europea (CE) sta inoltre promuovendo iniziative di Partenariato Pubblico-Privato per dare impulso al settore della ristrutturazione edilizia. Nell'ambito di questa strategia di rinnovamento, nel 2023 la CE introdurrà gli "standard minimi di prestazione energetica" obbligatori, come indicato nell'EPBD 2021.

In Italia sono 7,4 milioni sui 12 totali, gli edifici residenziali costruiti tra il 1946 e il 1990 (Istat, 2011). In quegli anni diverse ragioni, tra cui l'urgenza della ricostruzione postbellica, la sperimentazione di nuove tecnologie edilizie e l'assenza di normative in materia di efficienza energetica, hanno portato alla realizzazione di un patrimonio immobiliare che richiede un pressante intervento di riqualificazione. La ricerca in questo settore ha già permesso di raggiungere un notevole livello di competenza con un impatto positivo sul settore immobiliare e su vari settori della produzione industriale (impianti di trattamento aria, materiali *low-carbon*, sistemi di produzione di energia rinnovabile). Permangono tuttavia due questioni irrisolte: la lentezza con cui si sta procedendo all'adeguamento energetico del patrimonio edilizio e la mancanza di un approccio sistematico per affrontare l'efficienza energetica negli edifici in modo integrato.

Mentre la soluzione alla prima è legata ai vincoli normativi e alla disponibilità di risorse finanziarie, la seconda questione richiede un passo avanti nell'attività di ricerca, che deve esse-

Digital tools for informed living

Abstract. Ecological transition requires a significant change in the construction industry, which is responsible for 40% of final energy consumption. In Italy, residential buildings account for more than 27% of energy consumption, 12 out of 14 million. Their renovation is, therefore, an important objective to achieve a sustainable built environment. However, a drastic reduction in energy demand is also needed in residential buildings, as widespread ownership does not allow comprehensive control of domestic consumption. Hence the importance that dwellers understand the direct link between their actions and climate change so that efficiency efforts are not in vain. The paper identifies in artificial intelligence an educational tool on energy citizenship.

Keywords: Housing; Environmental Awareness; Energy Efficiency; Energy Citizenship; Artificial Intelligence (AI).

Changing the energy model: the cultural context and the state of research

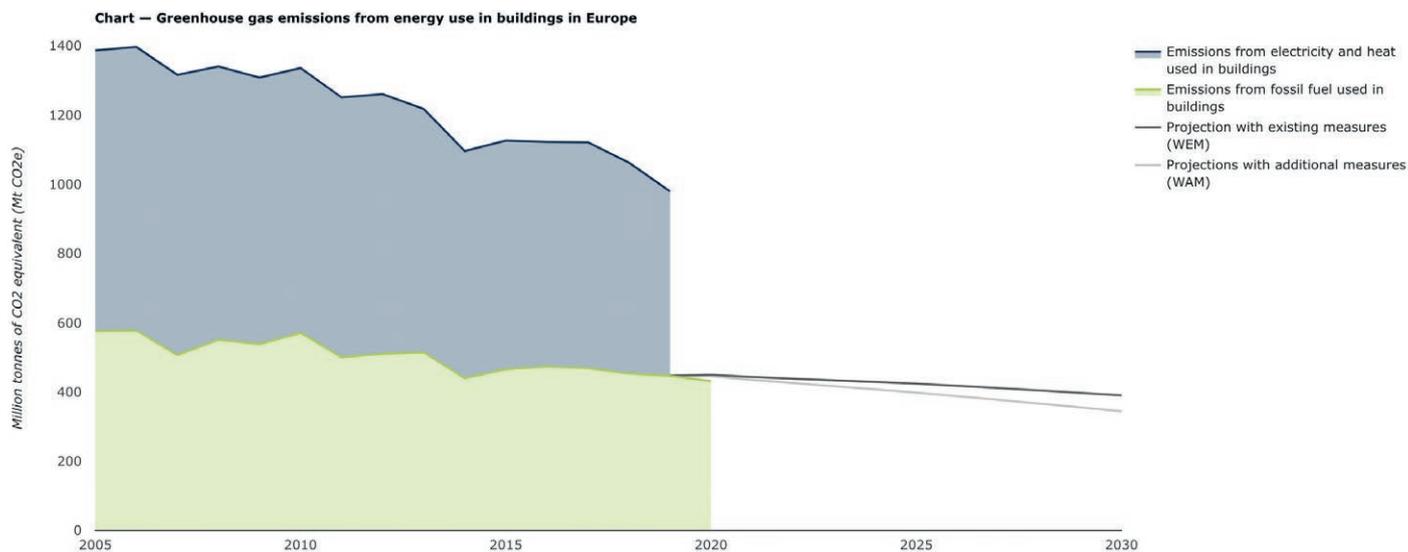
In Europe, energy transition and decarbonisation of the economy require a decisive change in the building sector, which is responsible for more than 40% of final energy consumption. Residential buildings, in particular, account for the largest share at 240 million out of 265 buildings, and are responsible for about 27% of consumption (Eurostat, 2021). To meet the European climate targets for 2030, the real estate sector needs to reduce its emissions by 60% (EC, 2020), but the latest data show that we are still far from this target (Chamber of Deputies, 2023) (Fig. 1).

The EU has introduced the Green Deal and focused its policies on accelerating decarbonisation (EC, 2019), including doubling building retrofits in the next 10 years, as currently only 1% of

European buildings are energy retrofitted annually (Chamber of Deputies, 2023). The European Commission (EC) is also promoting public-private partnership initiatives to boost the building renovation sector. As part of this renewal strategy, in 2023 EC will introduce mandatory "minimum energy performance standards", as stated in EPBD 2021.

In Italy, there are 7.4 million, of the total 12 million, residential buildings built between 1946 and 1990 (Istat, 2011). During these years, several reasons, including the urgency of post-war reconstruction, the experimentation of new construction technologies, and the absence of regulations on energy efficiency have led to the emergence of a real estate stock in urgent need of rehabilitation. Research in this area has already reached a considerable level of knowledge, which has a positive im-

01 |



re indirizzata allo studio di sistemi complessi, interagenti tra loro, con un approccio transdisciplinare in grado di trovare soluzioni adeguate che ottimizzino contemporaneamente una varietà di fattori (Manfren *et al.*, 2020). Gestire l'efficienza energetica nell'edilizia residenziale, in relazione ai diversi usi finali, richiede infatti sia la conoscenza del comportamento effettivo dell'edificio e un'interazione in tempo reale con i suoi occupanti (Butera *et al.*, 2019), sia strumenti in grado di supportare efficacemente le decisioni anche su scala più ampia (Aste *et al.*, 2015).

In Italia, inoltre, la diffusa proprietà immobiliare delle abitazioni, pari al 79,5% del totale (Istat, 2021), incrementata negli ultimi 30 anni anche dalla parcellizzazione dei grandi *asset* di proprietà pubblica e privata, non consente di effettuare il controllo capillare dell'uso dell'energia all'interno delle abitazioni. Questo comporta una forte differenza con altri settori di consu-

mo, quali ad esempio l'industria, ed è quindi fondamentale che i cittadini comprendano la diretta relazione tra le loro azioni e il cambiamento climatico. In assenza di questa consapevolezza si rischia che gli sforzi di efficientamento del patrimonio immobiliare possano risultare inutili. Nelle case, quindi, per vivere di "energia pulita" servono, oltre all'implementazione di soluzioni in grado di utilizzare in modo efficiente le fonti rinnovabili, anche iniziative orientate alla drastica riduzione della domanda energetica. Ciò non si traduce solo nel passaggio a classi energetiche che corrispondono a consumi quasi nulli, ma anche a una transizione culturale degli abitanti.

Cambiare il modello energetico, pertanto, richiede la costruzione di una cittadinanza energetica ovvero la definizione di un nuovo ruolo per individui e comunità, orientati a un atteggiamento più informato, consapevole e critico, sia come *smart user* sia come *prosumer*.

mo, quali ad esempio l'industria, ed è quindi fondamentale che i cittadini comprendano la diretta relazione tra le loro azioni e il cambiamento climatico. In assenza di questa consapevolezza si rischia che gli sforzi di efficientamento del patrimonio immobiliare possano risultare inutili. Nelle case, quindi, per vivere di "energia pulita" servono, oltre all'implementazione di soluzioni in grado di utilizzare in modo efficiente le fonti rinnovabili, anche iniziative orientate alla drastica riduzione della domanda energetica. Ciò non si traduce solo nel passaggio a classi energetiche che corrispondono a consumi quasi nulli, ma anche a una transizione culturale degli abitanti.

mo, quali ad esempio l'industria, ed è quindi fondamentale che i cittadini comprendano la diretta relazione tra le loro azioni e il cambiamento climatico. In assenza di questa consapevolezza si rischia che gli sforzi di efficientamento del patrimonio immobiliare possano risultare inutili. Nelle case, quindi, per vivere di "energia pulita" servono, oltre all'implementazione di soluzioni in grado di utilizzare in modo efficiente le fonti rinnovabili, anche iniziative orientate alla drastica riduzione della domanda energetica. Ciò non si traduce solo nel passaggio a classi energetiche che corrispondono a consumi quasi nulli, ma anche a una transizione culturale degli abitanti.

mo, quali ad esempio l'industria, ed è quindi fondamentale che i cittadini comprendano la diretta relazione tra le loro azioni e il cambiamento climatico. In assenza di questa consapevolezza si rischia che gli sforzi di efficientamento del patrimonio immobiliare possano risultare inutili. Nelle case, quindi, per vivere di "energia pulita" servono, oltre all'implementazione di soluzioni in grado di utilizzare in modo efficiente le fonti rinnovabili, anche iniziative orientate alla drastica riduzione della domanda energetica. Ciò non si traduce solo nel passaggio a classi energetiche che corrispondono a consumi quasi nulli, ma anche a una transizione culturale degli abitanti.

mo, quali ad esempio l'industria, ed è quindi fondamentale che i cittadini comprendano la diretta relazione tra le loro azioni e il cambiamento climatico. In assenza di questa consapevolezza si rischia che gli sforzi di efficientamento del patrimonio immobiliare possano risultare inutili. Nelle case, quindi, per vivere di "energia pulita" servono, oltre all'implementazione di soluzioni in grado di utilizzare in modo efficiente le fonti rinnovabili, anche iniziative orientate alla drastica riduzione della domanda energetica. Ciò non si traduce solo nel passaggio a classi energetiche che corrispondono a consumi quasi nulli, ma anche a una transizione culturale degli abitanti.

mo, quali ad esempio l'industria, ed è quindi fondamentale che i cittadini comprendano la diretta relazione tra le loro azioni e il cambiamento climatico. In assenza di questa consapevolezza si rischia che gli sforzi di efficientamento del patrimonio immobiliare possano risultare inutili. Nelle case, quindi, per vivere di "energia pulita" servono, oltre all'implementazione di soluzioni in grado di utilizzare in modo efficiente le fonti rinnovabili, anche iniziative orientate alla drastica riduzione della domanda energetica. Ciò non si traduce solo nel passaggio a classi energetiche che corrispondono a consumi quasi nulli, ma anche a una transizione culturale degli abitanti.

The role of the user in the energy transition process

mo, quali ad esempio l'industria, ed è quindi fondamentale che i cittadini comprendano la diretta relazione tra le loro azioni e il cambiamento climatico. In assenza di questa consapevolezza si rischia che gli sforzi di efficientamento del patrimonio immobiliare possano risultare inutili. Nelle case, quindi, per vivere di "energia pulita" servono, oltre all'implementazione di soluzioni in grado di utilizzare in modo efficiente le fonti rinnovabili, anche iniziative orientate alla drastica riduzione della domanda energetica. Ciò non si traduce solo nel passaggio a classi energetiche che corrispondono a consumi quasi nulli, ma anche a una transizione culturale degli abitanti.

mo, quali ad esempio l'industria, ed è quindi fondamentale che i cittadini comprendano la diretta relazione tra le loro azioni e il cambiamento climatico. In assenza di questa consapevolezza si rischia che gli sforzi di efficientamento del patrimonio immobiliare possano risultare inutili. Nelle case, quindi, per vivere di "energia pulita" servono, oltre all'implementazione di soluzioni in grado di utilizzare in modo efficiente le fonti rinnovabili, anche iniziative orientate alla drastica riduzione della domanda energetica. Ciò non si traduce solo nel passaggio a classi energetiche che corrispondono a consumi quasi nulli, ma anche a una transizione culturale degli abitanti.

mo, quali ad esempio l'industria, ed è quindi fondamentale che i cittadini comprendano la diretta relazione tra le loro azioni e il cambiamento climatico. In assenza di questa consapevolezza si rischia che gli sforzi di efficientamento del patrimonio immobiliare possano risultare inutili. Nelle case, quindi, per vivere di "energia pulita" servono, oltre all'implementazione di soluzioni in grado di utilizzare in modo efficiente le fonti rinnovabili, anche iniziative orientate alla drastica riduzione della domanda energetica. Ciò non si traduce solo nel passaggio a classi energetiche che corrispondono a consumi quasi nulli, ma anche a una transizione culturale degli abitanti.

Il ruolo dell'utente nel processo di transizione energetica

Molti studi scientifici si concentrano nel valutare edifici modello per efficienza energetica dopo che sono stati realizzati, in cui spesso gli utenti si comportano e consumano esattamente come farebbero in abitazioni non efficienti, come se non fosse loro chiaro il rapporto diretto tra il loro comportamento e le prestazioni della casa. Se poi la gestione fosse troppo complessa, come spesso accade, per abitanti non adeguatamente preparati, si andrebbero a generare gli stessi consumi di edifici colabrodo, comportando quindi un sostanziale fallimento dell'iniziativa (Tonelli, 2022). Ricerche recenti suggeriscono, infatti, che i consumatori dovranno sia adottare nuove tecnologie sia adattare i propri comportamenti per ridurre il consumo energetico delle abitazioni (Aydin *et al.*, 2017; Aydin *et al.*, 2018, Galassi and Madlener, 2018; Sorrell *et al.*, 2018). Esistono, infatti, prove di aumenti del consumo di energia dopo il retrofit, che - in parte - hanno annullato i guadagni ottenuti (Druckman *et al.*, 2011). Ad esempio, a fronte di un migliore isolamento termico si è registrato un adattamento degli utenti a parametri di comfort maggiorati, anziché il mantenimento dei parametri precedenti alla ristrutturazione e il conseguimento di risparmi energetici (Psomas *et al.*, 2016).

Le limitazioni del risparmio energetico possono riguardare variazioni osservabili a breve e lungo termine nel consumo di energia delle famiglie, attribuibili in particolare alle dinamiche della vita quotidiana, e non più ai fattori socio economici comunemente presi in esame, quali la dimensione e la composizione della famiglia, il reddito familiare e il tipo di proprietà (Gill *et al.*, 2010; Gram-Hanssen, 2010). Infatti, una ricerca post-occu-

The limits to energy savings may involve observable short and long-term changes in household energy use, particularly due to the dynamics of daily life rather than to the socioeconomic factors commonly considered, such as family size and composition, family income, and property type (Gill *et al.*, 2010; Gram-Hanssen, 2010). In fact, a post-occupancy study of 11 new low energy homes in the United Kingdom found that 51%, 37% and 11% of the change in heat, electricity and water consumption between dwellings, respectively, was due to changes in occupants' daily activities and habits (Gill *et al.*, 2010).

Similarly, a systematic comparison of the heating energy demand of 5 identical residential buildings in Denmark showed large differences due to the different use of these buildings by the occupants (Gram-Hanssen, 2010).

Molti studi scientifici si concentrano nel valutare edifici modello per efficienza energetica dopo che sono stati realizzati,

in cui spesso gli utenti si comportano e consumano esattamente come farebbero in abitazioni non efficienti, come se non fosse loro chiaro il rapporto diretto tra il loro comportamento e le prestazioni della casa. Se poi la gestione fosse troppo complessa, come spesso accade, per abitanti non adeguatamente preparati, si andrebbero a generare gli stessi consumi di edifici colabrodo, comportando quindi un sostanziale fallimento dell'iniziativa (Tonelli, 2022). Ricerche recenti suggeriscono, infatti, che i consumatori dovranno sia adottare nuove tecnologie sia adattare i propri comportamenti per ridurre il consumo energetico delle abitazioni (Aydin *et al.*, 2017; Aydin *et al.*, 2018, Galassi and Madlener, 2018; Sorrell *et al.*, 2018). Esistono, infatti, prove di aumenti del consumo di energia dopo il retrofit, che - in parte - hanno annullato i guadagni ottenuti (Druckman *et al.*, 2011). Ad esempio, a fronte di un migliore isolamento termico si è registrato un adattamento degli utenti a parametri di comfort maggiorati, anziché il mantenimento dei parametri precedenti alla ristrutturazione e il conseguimento di risparmi energetici (Psomas *et al.*, 2016).

Le limitazioni del risparmio energetico possono riguardare variazioni osservabili a breve e lungo termine nel consumo di energia delle famiglie, attribuibili in particolare alle dinamiche della vita quotidiana, e non più ai fattori socio economici comunemente presi in esame, quali la dimensione e la composizione della famiglia, il reddito familiare e il tipo di proprietà (Gill *et al.*, 2010; Gram-Hanssen, 2010). Infatti, una ricerca post-occu-

These effects could explain why energy conservation measures in residential buildings often do not produce the desired results. Therefore, implementing decarbonisation requires a revision of individual behaviours to align them with more informed, conscious, and critical courses of action.

The concept of energy citizenship has been studied primarily in the social sciences and humanities, which have emphasised the reciprocal influence between individual lifestyles and social practices. The author's systematic review of the literature has shown that measuring energy citizenship means assessing the degree to which and the ways in which the goals of transition become part of the daily actions of individuals and the community to which they belong.

Energy Culture Framework (ECF) was identified to study domestic energy

consumption at different scales and in different social groups, combining social and cultural norms, actual energy consumption and prevailing material conditions. Developed by Stephenson *et al.* (2010, 2015), it was adapted by Rau *et al.* (2020), who studied the dynamics of energy consumption at different scales (Fig.2). Using the concept of energy culture as a useful heuristic to structure the analysis of household-level energy demand, the research examined data from 20 households in a social housing complex in Ireland, collected before and after energy adaptation.

The analysis was conducted using the three key elements of the ECF that relate to how users use energy at home, specifically: 1) material conditions, 2) host behaviours, perceptions, and norms, and 3) observable daily practices.

Overall, the results highlight the urgent need for an integrated approach to energy retrofits that combines technological changes with a parallel transformation of household behaviours and practices to achieve real and lasting reductions in energy consumption. It thus appears that the post-intervention analysis of energy retrofit initiatives should take into account not only the changes that have occurred at the technical-material level, but also changes at the level of expectations, aspirations and energy behaviours of those who occupy and use buildings. The latter aspect seems particularly urgent, both because of the persistence of many domestic activities with high energy intensity and because of the possible occurrence of rebound effects that could cancel out at least part of the savings achieved with modernisation (Rau *et al.*, 2020).

consumption at different scales and in different social groups, combining social and cultural norms, actual energy consumption and prevailing material conditions. Developed by Stephenson *et al.* (2010, 2015), it was adapted by Rau *et al.* (2020), who studied the dynamics of energy consumption at different scales (Fig.2).

Using the concept of energy culture as a useful heuristic to structure the analysis of household-level energy demand, the research examined data from 20 households in a social housing complex in Ireland, collected before and after energy adaptation.

The analysis was conducted using the three key elements of the ECF that relate to how users use energy at home, specifically: 1) material conditions, 2) host behaviours, perceptions, and norms, and 3) observable daily practices.

Overall, the results highlight the urgent need for an integrated approach to energy retrofits that combines technological changes with a parallel transformation of household behaviours and practices to achieve real and lasting reductions in energy consumption. It thus appears that the post-intervention analysis of energy retrofit initiatives should take into account not only the changes that have occurred at the technical-material level, but also changes at the level of expectations, aspirations and energy behaviours of those who occupy and use buildings.

The latter aspect seems particularly urgent, both because of the persistence of many domestic activities with high energy intensity and because of the possible occurrence of rebound effects that could cancel out at least part of the savings achieved with modernisation (Rau *et al.*, 2020).

Utilizzando il concetto di *energy culture* come un'utile euristica per strutturare l'analisi della domanda di energia a livello domestico, la ricerca ha esaminato i dati di 20 famiglie in un complesso residenziale sociale in Irlanda, raccolti prima e dopo l'adeguamento energetico. L'analisi è stata condotta attraverso i tre elementi chiave dell'ECF, posti in relazione a come gli utenti usano l'energia a livello domestico, e nello specifico: 1) le condizioni materiali, 2) i comportamenti, le percezioni e le norme dei padroni di casa e 3) le pratiche quotidiane osservabili. Nel complesso, i risultati hanno evidenziato l'urgente necessità di un approccio integrato al retrofit energetico che combini i cambiamenti tecnologici con una riorganizzazione parallela dei comportamenti e delle pratiche dei nuclei familiari per ottenere riduzioni reali e durature del consumo energetico.

Si dimostra così che le iniziative di retrofit energetico dovrebbero considerare nelle loro analisi post intervento non solo i cambiamenti avvenuti a livello tecnico-materiale, ma anche i cambiamenti occorsi a livello di aspettative, aspirazioni e comportamenti energetici di coloro che abitano e utilizzano gli edifici. Quest'ultimo aspetto sembra particolarmente pressante, sia per la persistenza di molte attività domestiche ad alta intensità energetica, sia per la possibile comparsa di *rebound effect* che potrebbero annullare almeno una parte dei risparmi realizzati con l'ammodernamento (Rau et al., 2020).

L'Intelligenza Artificiale per migliorare la consapevolezza dell'utenza

gliati che supportano modelli

La digitalizzazione sta trasformando l'efficienza energetica, introducendo tecnologie e creando nuove fonti di dati dettagliati che supportano modelli di business e flussi energetici

Artificial intelligence to improve user awareness

Digitisation is transforming energy efficiency by introducing technologies and creating new sources of detailed data that support business models and energy flows (Zubi et al., 2017). It also provides information and a clear overview of distributed energy resources. In addition, it is critical to expand the scope and scale of energy efficiency through electrification, energy source switching, and behaviour change.

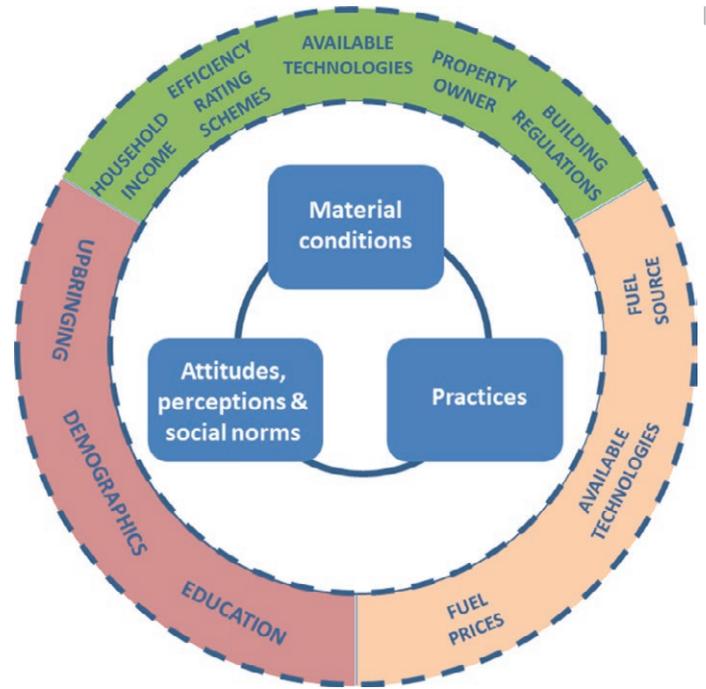
To support energy management in and for the building, the most current European legislation addresses digital tools for energy efficiency measures to create safer, cleaner, and more flexible systems (EC, 2021).

However, digitisation and access to ICT are influenced by numerous factors that lead to various forms of the digital divide, which increases unequal-

ities within a community and limits citizens' social and economic capital and their ability to take part in society (Ragnedda, 2017).

Among the factors that most influence the digital divide are education and data inequality (Lythreitis et al., 2021). Therefore, we need to work primarily on providing information about new technologies and on training users to make use of digital resources to initiate the transition process to new energy sources and new forms of supply and transformation. The scope is decarbonisation to transform urban environments and building systems.

Based on what has been highlighted about the difficulty of managing energy efficiency for individual residents, it is believed that digital tools can contribute to providing useful information to optimise energy management, leaving it up to the user to pursue this goal or not.



(Zubi et al., 2017). Fornisce anche informazioni e una visione chiara sulle risorse energetiche distribuite.

È, inoltre, fondamentale per espandere la portata e la scala dell'efficienza energetica attraverso l'elettrificazione, la commutazione del vettore energetico e il cambiamento comportamentale. A sostegno della gestione energetica nell'edificio e per l'edificio, anche le disposizioni normative europee più attuali puntano sugli strumenti digitali per le politiche di efficienza energetica al fine di fornire sistemi più sicuri, puliti e flessibili (CE, 2021).

Tuttavia, sulla digitalizzazione e l'accesso all'uso di tecnologie ICT influiscono molteplici fattori che determinano diverse forme di divario digitale, *gap* che intensificano le disuguaglianze all'interno di una comunità, limitando il capitale sociale ed eco-

Freedom of choice is essential to raise awareness. Hence, these are not digital tools that manage the house with automatism, but informative tools that, with the possibility of comparing choices and their consequences, lead the occupant to increasingly efficient management (Tonelli and Converso, 2014). The use of responsive and regulatory technologies could, thus, create awareness of household management among people who, according to the concept of "architecture of choices", choose certain behaviours, knowing that each option has a certain impact on the environment. Choice architecture interventions, based on the provision of decision information, aim to facilitate access to decision-relevant information by increasing its availability, comprehensibility, and personal relevance to the decision maker. That is, such interventions aim to guide

people toward personally and socially desirable behaviours to support the evaluation and comparison of available choice alternatives and reinforce previously formed behavioural intentions (Mertens et al., 2022). With the introduction of Artificial Intelligence (AI), the indoor control and management tools that are widely used and available today, and which can be used in homes without requiring any particular changes to the facilities, could expand their capabilities.

AI is a research and development area underlying Industry 5.0 that uses data input to guide systems to think with human-like capabilities. It performs some repetitive tasks as a substitute. Specifically, AI activates predictive modelling, which is categorised as Machine Learning (ML) and is concerned with developing algorithms that can learn and improve their performance

nomico dei cittadini e la loro capacità di partecipare alla società (Ragnedda, 2017). Tra i fattori che maggiormente influenzano il divario digitale troviamo l'istruzione e la disuguaglianza dei dati (Lythreathis *et al.*, 2021). È pertanto proprio sull'informazione sulle nuove tecnologie e sulla formazione all'uso del digitale dell'utente, prima di altro, che bisogna operare per avviare il processo di transizione verso nuove fonti energetiche e nuove forme di approvvigionamento e conversione finalizzate alla decarbonizzazione, al fine di riorganizzare gli assetti urbani e i sistemi edilizi.

Partendo da quanto evidenziato circa la difficoltà di gestire l'efficientamento energetico per il singolo abitante, si ritiene che gli strumenti digitali possano costituire un supporto a fornire informazioni utili per ottimizzare la gestione energetica, lasciando l'utente libero di perseguire o meno questo fine. La libertà di scelta, infatti, è essenziale per costruire la consapevolezza. Non, quindi, strumenti digitali che con automatismi gestiscono l'abitazione, ma strumenti informativi che, con la possibilità di confrontare scelte e loro conseguenze, orientano l'abitante a una gestione sempre più performante (Tonelli and Converso, 2014). Attraverso l'uso di una tecnologia responsiva e regolativa, quindi, si potrebbe indurre la consapevolezza sulla *governance* domestica, in persone che scelgono di agire in modi specifici, secondo il concetto di "architettura delle scelte", sapendo che ciascuna opzione ha un determinato impatto ambientale.

Gli interventi dell'architettura delle scelte basati sul fornire informazioni decisionali, mirano a facilitare l'accesso alle informazioni rilevanti per la decisione aumentando la disponibilità, la comprensibilità e la rilevanza personale per il decisore. Mirano, cioè, a guidare le persone verso comportamenti desiderabili

sia sul piano personale sia su quello sociale, per supportare la valutazione e il confronto delle alternative di scelta disponibili e rinforzare intenzioni comportamentali precedentemente formate (Mertens *et al.*, 2022).

Con l'introduzione dell'Intelligenza Artificiale (IA), gli strumenti di controllo e gestione *indoor*, ormai diffusi e disponibili e tra l'altro inseribili senza particolari stravolgimenti impiantistici all'interno delle case, potrebbero incrementare le proprie possibilità. L'IA è un campo di ricerca e sviluppo su cui si fonda l'industria 5.0 che istruisce sistemi attraverso l'immissione di dati per ragionare con capacità simili a quelle umane, svolgendo in sostituzione alcune operazioni ripetitive. In particolare, l'IA attiva una modellazione predittiva, inserita nella categoria *Machine Learning* (ML), che si occupa di elaborare algoritmi in grado di apprendere e migliorare le prestazioni a partire da dati di esempio, che ne determinano il metodo di apprendimento (Ngarambe *et al.*, 2020).

La capacità di apprendimento dell'IA permette di immaginare strumenti che, anziché generare azioni conseguenti ad algoritmi asettici, riescono a imparare dai comportamenti degli utenti per sviluppare azioni sempre più *ad hoc* rispetto a scelte puntuali e non generali. È, infatti, ben noto quanto i sistemi domotici siano fastidiosi, dal momento che lavorano su medie di benessere termico, luminoso e igrometrico e non sul loro adattamento alla persona.

La messa a punto di strumenti coadiuvati da modelli di IA è resa possibile grazie a *software* di modellazione parametrica, che calcolano l'impatto complessivo delle singole azioni e analizzano l'interazione tra diversi parametri. Il computer riceve i dati (già preparati o raccolti tramite sensori), li processa e

from sample data, which determine their learning method (Ngarambe *et al.*, 2020).

The learning ability of AI makes it possible to imagine tools, which, instead of generating actions ruled by aseptic algorithms, can learn from the behaviour of users to develop increasingly *ad hoc* actions for specific and not general decisions.

It is widely known that home automation systems are annoying, since they are based on averages of thermal, light and hygrometric comfort, rather than on their adaptation to the person.

The development of digital tools supported by artificial intelligence models is enabled by parametric modelling software, which calculates the overall impact of individual measures and analyses the interaction between different parameters. The computer receives the *data* (already prepared or

collected by sensors), processes it and responds to it. AI enables systems to understand their environment, relates to what they are monitoring, and solves problems. Applications include reducing energy costs and improving occupant comfort by: assessing the thermal comfort of buildings and quantifying it based on factors such as temperature, humidity, and air velocity – e.g., through the Predicted Mean Vote (PMV) index and its variants; adjusting and optimising systems such as the heating, ventilation, and air conditioning (HVAC) one, to take the foreseen occupancy density into account (de Dear and Brager, 1998; Ole Fanger and Toftum, 2002).

However, these models do not systematise all factors that contribute to overall occupant environmental exposure. In addition to linking perceived thermal comfort to energy demand

-scheduling and optimising energy production and consumption - and managing connected devices such as appliances, thermostats, and lighting systems, AI could go so far as to consider each occupant's total environmental footprint, calculating not only the energy contribution but also, for example, the contribution of water and waste. This possibility is a response to the impossibility of finding a single management model for such a heterogeneous society, where the needs and lifestyles of individuals can be far apart. It allows to develop a tool that can systematise the variables of the problem, which are related but have different units of measurement, and to adapt the answers to the user and his habits in terms of management.

Convolutional networks (CNNs) – used especially in deep learning – a technique for processing complex

data, can be used to relate information from the various sources examined, with answers becoming more precise as the number of processed cases increases (Goodfellow *et al.*, 2017).

The ECF method could be used to: monitor the ecological footprint of the home in relation to occupant behaviour in real time, and visualise it in a simple and intuitive way; predict future scenarios and impacts based on both occupant behaviour *data* collected over time and external *data* (Big Data); estimate the long-term and short-term consequences of occupants' behaviour on consumption and environmental impacts; propose best practices to improve the ecological footprint; and enable the planning of actions to achieve personal goals (less consumption, less waste). AI thus puts humans back in the centre, restoring their time and quality of life

risponde. L'IA, infatti, permette ai sistemi di capire il proprio ambiente, mettersi in relazione con quello che monitorano e risolverne i problemi. Tra i vari campi di applicazione troviamo la riduzione dei costi energetici e il miglioramento del comfort degli occupanti, attraverso: la valutazione del comfort termico degli edifici, quantificato in base a fattori come la temperatura, l'umidità e la velocità dell'aria - ad esempio attraverso l'indice *Predicted Mean Vote* (PMV) e sue varianti; la regolazione e l'ottimizzazione degli impianti, come quello *Heating, Ventilation and Air Conditioning* (HVAC), in previsione dei livelli di occupazione (de Dear and Brager, 1998; Fanger and Toftum, 2002). Tuttavia, questi modelli non mettono a sistema tutti i fattori che concorrono a un complessivo impatto ambientale dell'abitante. Oltre a incrociare il livello di comfort termico percepito con la domanda di energia - pianificandone e ottimizzandone la produzione e il consumo - e a gestire i dispositivi connessi, come elettrodomestici, termostati e sistemi di illuminazione, l'IA potrebbe arrivare a considerare l'impronta ecologica complessiva di ogni singolo abitante, calcolando non solo il contributo energetico, ma anche, ad esempio, quello idrico e dei rifiuti. Questa opportunità risponde alla impossibilità di poter individuare un modello gestionale unico per una società eterogenea come quella attuale, dove le esigenze e gli stili di vita dei singoli individui possono essere molto distanti tra loro, e consente di elaborare uno strumento in grado di mettere a sistema le variabili del problema, di per sé correlate ma con unità di misura diverse, e personalizzare le risposte nell'ottica della gestione sull'utente e sulle sue abitudini. Le reti convoluzionali (CNN), particolarmente utilizzate nel *Deep learning*, una tecnica di ML utilizzata per elaborare dati complessi, consentono di correlare le informazioni derivanti dal-

by performing the repetitive tasks that occupy their days. In this sense, it also helps to bridge the generational and social digital divide (Lythreath et al., 2022; Ragnedda, 2017), as the system, if properly developed, could be even more user-friendly than an average air conditioning system.

le diverse fonti prese in esame, generando risposte sempre più precise all'aumentare dei casi elaborati (Goodfellow et al., 2017). Utilizzando la metodologia dell'ECF si potrebbe arrivare a: monitorare in tempo reale l'impronta ecologica della casa, in relazione al comportamento degli abitanti, e renderlo visibile in maniera facile e intuitiva; prevedere scenari ed effetti futuri basandosi sui dati raccolti nel tempo in merito ai comportamenti degli utenti e ai dati esterni (*big data*); stimare le conseguenze a lungo e a breve termine del comportamento degli abitanti per consumi e impatto ambientale; suggerire *best practice* per il miglioramento dell'impronta ecologica; permettere di pianificare le azioni per raggiungere personali obiettivi (meno consumi, meno rifiuti). L'IA quindi rimette l'uomo al centro, per restituirgli tempo e qualità della vita, sostituendosi alle azioni più routinarie che ne occupano le giornate aiutando, in questo senso, anche a superare il *digital divide* generazionale e/o sociale (Lythreath et al., 2022; Ragnedda, 2017), in quanto il sistema, se sviluppato adeguatamente, potrebbe risultare di maggiore facilità d'uso anche rispetto a un comune terminale di controllo dell'impianto di climatizzazione.

REFERENCES

- Aste, N., Del Pero, C., Adhikari, R. S. and Marenzi, G. (2015), "Effectiveness and weaknesses of supporting policies for solar thermal systems - A case-study", *Sustainable Cities and Society*, Vol. 14, pp. 146-153.
- Aydin, E., Brounen, D. and Kok, N. (2018), "Information provision and energy consumption: evidence from a field experiment", *Energy Economics*, Vol. 71.
- Aydin, E., Kok, N. and Brounen, D. (2017), "Energy efficiency and household behavior: the rebound effect in the residential sector", *RAND Journal of Economics*, Vol. 48, n. 3.

- Butera F. M., Caputo P., Adhikari R. S. and Mele R. (2019), "Energy access in informal settlements. Results of a wide on site survey in Rio De Janeiro", *Energy Policy*, Vol. 134, pp. 1-10.
- Camera dei Deputati (2023), *La revisione della direttiva sulla prestazione energetica degli edifici*, Dossier n° 17. Available at: <https://documenti.camera.it/Leg19/Dossier/Pdf/AT017.Pdf> (Accessed on 28/02/2023).
- De Dear, R. and Brager, G.S. (1998), *Developing an adaptive model of thermal comfort and preference*.
- Druckman, A., Chitnis, M., Sorrell, S. and Jackson, T. (2011), "Missing carbon reductions? Exploring rebound and backfire effects in UK households", *Energy Policy*, Vol. 39, n. 6.
- European Commission (2019), *Communication from the commission to the European parliament, the European council, the council, the European economic and social committee and the committee of the regions - the European green deal*, Brussels, 11.12.2019 COM (2019) 640 final. Available at: https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:b828d165-1c22-11ea-8c1f-01aa75ed71a1.0006.02/DOC_1&format=PDF (Accessed on 28/02/2023).
- European Commission (2020), *Comunicazione della Commissione al Parlamento Europeo, al Consiglio, al Comitato Economico e Sociale Europeo e al Comitato delle Regioni. Un'onda di ristrutturazioni per l'Europa: investire gli edifici, creare posti di lavoro e migliorare la vita*, COM(2020) 662 final. Available at: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/HTML/?uri=CELEX:52020DC0662&from=IT> (Accessed on 28/02/2023).
- European Commission (2021), "Direttiva del Parlamento Europeo e del Consiglio sulla prestazione energetica nell'edilizia (rifusione), COM(2021) 802 final". Available at: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/HTML/?uri=CELEX:52021PC0802&qid=164562455853&from=IT> (Accessed on 28/02/2023).
- Eurostat (2021), *Energy Balances*. Available at: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/energy/data/energy-balances> (Accessed on 28/02/2023).
- Fanger, P.O. and Toftum, J. (2002), "Extension of the PMV model to non-air-conditioned buildings in warm climates", *Energy and buildings*, Vol. 34, n. 6, pp. 533-536.
- Galassi, V. and Madlener, R. (2018), "Shall I open the window? Policy implications of thermal-comfort adjustment practices in residential buildings", *Energy Policy*, Vol. 119.
- Gill, Z.M., Tierney, M.J., Pegg, I. M. and Allan, N. (2010), "Low-energy dwellings: The contribution of behaviors to actual performance", *Building Research & Information*, Vol. 38, n. 5, pp. 491-508.
- Gill, Z.M., Tierney, M.J., Pegg, I.M. and Allan, N. (2010), "Low-energy dwellings: The contribution of behaviors to actual performance", *Building Research & Information*, Vol. 38, n. 5, pp. 491-508.
- Goodfellow, I., Bengio, Y. and Courville, A. (2017), *Deep Learning*, Boston: Mit Press.
- Gram-Hanssen, K. (2010), "Residential heat comfort practices: Understanding users", *Building Research & Information*, Vol. 38, n. 2, pp. 175-186.
- Istat (2011), *Censimento Popolazione e Abitazioni*. Edifici residenziali. Available at: <http://dati-censimentopopolazione.istat.it/Index.aspx> (Accessed on 28/02/2023).
- Istat (2021), Titolo di godimento dell'abitazione (in affitto o di proprietà): Regioni e tipo di comune. Available at: <http://dati.istat.it/> (Accessed on 28/02/2023).
- Lythreathis, S., Singh, S., K. and El-Kassar, A., (2022), "The digital divide: A review and future research agenda", *Technological Forecasting and Social Change*, Volume 175.
- Manfren M., Aste N., Leonforte F., Del Pero C., Buzzetti M., Adhikari R. S. and Zhixing L. (2020), "Parametric energy performance analysis and monitoring of buildings – HEART project platform case study", *Sustainable Cities and Society*, Vol. 61, pp. 1-16.
- Mertens, S., Herberz, M., Hahnel, U.J. and Brosch, T. (2022), "The effectiveness of nudging: A meta-analysis of choice architecture interventions across behavioral domains", *Proceedings of the National Academy of Sciences*, Vol. 119, n. 1, e2107346118.
- Ngarambe, J., Yun, G.Y. and Santamouris, M. (2020), "The use of artificial intelligence (AI) methods in the prediction of thermal comfort in buildings: Energy implications of AI-based thermal comfort controls", *Energy and Buildings*, Vol. 211, 109807.
- Psomas, T., Heiselberg, P., Duer, K. and Bjørn, E. (2016), "Overheating risk barriers to energy renovations of single family houses: multicriteria analysis and assessment", *Energy Buildings*, Vol. 117.
- Ragnedda, M. (2017), *The third digital divide: A Weberian approach to digital inequalities*. Routledge.
- Rau, H., Moran, P., Manton, R. and Goggins, J. (2020), "Changing energy cultures? Household energy use before and after a building energy efficiency retrofit", *Sustainable Cities and Society*, 54, 101983.
- Sorrell, S., Gatersleben, B. and Druckman, A., (2018), "Energy sufficiency and rebound effects", *European Council for an Energy Efficient Economy*.
- Stephenson, J., Barton, B., Carrington, G., Doering, A., Ford, R., Hopkins, D. and Wooliscroft, B. (2015), "The energy cultures framework: Exploring the role of norms, practices and material culture in shaping energy behavior in New Zealand", *Energy Research & Social Science*, Vol. 7, pp. 117-123.
- Stephenson, J., Barton, B., Carrington, G., Gnoth, D., Lawson, R. and Thorsnes, P. (2010), "Energy cultures: A framework for understanding energy behaviors", *Energy Policy*, Vol. 38, n. 10, pp. 6120-6129.
- Tonelli, C. (2022), *La casa 4.0. Nuove frontiere dell'abitare*, Maggioli Editore.
- Tonelli, C., & Converso, S. (2014), "Digital mirror: A method to shape smart citizenship", *Energy and buildings*, Vol. 83, pp. 173-180.
- Zubi, G., Spertino, F., Carvalho, M., Adhikari, R.S. and Khatib, T. (2017), "Development and assessment of a solar home system to cover cooking and lighting needs in developing regions as a better alternative for existing practices", *Solar Energy*, Vol. 155, pp. 7-17.

Living Lab per il progetto e l'attivazione di comunità energetiche nelle aree interne

Just Accepted: April 28, 2023 Published: October 31, 2023

RICERCA E
SPERIMENTAZIONE/
RESEARCH AND
EXPERIMENTATION

Consuelo Nava, <https://orcid.org/0000-0001-6853-3186>

Giuseppe Mangano, <https://orcid.org/0000-0002-7345-1756>

Dipartimento di Architettura e Territorio, Università Mediterranea di Reggio Calabria, Italia

consuelo.nava@unirc.it

giuseppe.mangano@unirc.it

Abstract. Per accelerare la transizione “verde e digitale” e il raggiungimento degli obiettivi di *carbon neutrality*, l'UE ha avviato una profonda trasformazione del sistema energetico globale nelle regioni dei Paesi membri. In questo contesto, il progetto di ricerca, agendo sulla riduzione degli impatti da cambiamento climatico attraverso processi e strategie di mitigazione e adattamento, ha come obiettivo l'attivazione di un dimostratore (*Living Lab*) nell'area pilota SNAI “Gre-canica” (RC), in cui sviluppare e trasferire tecnologie avanzate sostenibili per l'“autoproduzione energetica di comunità”, con processi abilitati da tecnologie proprie dei sistemi evoluti per la produzione personalizzata e la generazione distribuita da fonti rinnovabili, le *smart grids* e la gestione digitale dei flussi.

Parole chiave: Decarbonizzazione; Comunità Energetiche; *Co-Design*; Tecnologie Emergenti; *Living Lab*.

Introduzione e panoramica. La “giusta transizione energetica” dei living lab nel processo di decarbonizzazione

I processi di decarbonizzazione necessari alla transizione energetica, con scenari di cambiamento climatico al 2035, 2050 e 2085 (IPCC, 2019) affidano al ruolo delle comunità energetiche, un compito “intelligente e aperto”, per la natura che le stesse “reti energetiche” hanno di realizzare modelli di *smart grid*, dove i concetti di consumo e produzione sono dipendenti dalle loro tecnologie, funzionando in *multi-energy systems* con alti livelli di stoccaggio e redistribuzione e rendendo soggetti attivi gli utenti finali. Avanza un nuovo approccio, che sposta il concetto di decarbonizzazione verso i modelli *net-zero* e fonda un nuovo paradigma, che «introduce nuovi vantaggi per gli utenti finali, come la sicurezza dell'approvvigionamento energetico e l'accessibilità economica, mentre gli operatori di rete beneficiano di piani di potenziamento della rete differiti e di una maggiore diversificazione dell'approvvigionamento energetico. Allo

stesso tempo, questo paradigma introduce nuove sfide tecniche, economiche e sociali per gli operatori di rete, gli utenti finali e le autorità di regolamentazione, in particolare a causa dell'inaffidabilità, dell'intermittenza e della non trasferibilità della maggior parte delle FER» (Zhong Fan, 2022). L'UE, attraverso le iniziative per la competitività del “Clean Energy Package” (*Winter Package*), che prevede entro il 2030 la copertura energetica da fonti rinnovabili al 32%, definisce le comunità energetiche «una nuova forma di movimento sociale che consenta processi energetici più partecipativi e democratici» (European Commission, 2018). Dal punto di vista legislativo, né l'UE né gli stati nazionali definiscono ancora chiaramente la loro forma giuridica, infatti le comunità energetiche sono definite in due leggi distinte del *Winter Package*. La revisione della Direttiva sulle energie rinnovabili (UE) 2018/2001 definisce il quadro di riferimento per le comunità energetiche che coprono le energie rinnovabili. La revisione della Direttiva sul mercato interno dell'elettricità (UE) 2019/944 introduce nuovi ruoli e responsabilità per le “comunità energetiche di cittadini” nel sistema energetico che interessa tutti i tipi di elettricità.

Living Lab for the design and activation of energy communities in the inner areas

Abstract. In order to accelerate the “green and digital” transition and the achievement of carbon neutrality objectives, the EU has launched a profound transformation of the global energy system in the regions of member countries. In this context, the research project, which addresses the reduction in impacts from climate change through mitigation and adaptation processes and strategies, has the objective of activating a demonstration (*Living Lab*) in the SNAI pilot area “Gre-canica” (RC). It envisages developing and transferring advanced sustainable technologies for “energy self-production of communities”, with processes enabled by technologies belonging to advanced systems for customised production and distributed generation from renewable sources, smart grids and digital flow management.

Keywords: Decarbonisation; Energy Communities; *Co-Design*; Emerging Technologies; *Living Lab*.

I Piani nazionali per il Clima e l'Energia, dovranno definire maggiormente anche le organizzazioni delle “Comunità Energetiche Rinnovabili”. Sebbene nella letteratura di questi anni si sia fatta distinzione tra i modelli di Comunità Energetiche di Cittadini (CEC) e di Comunità Energetiche Rinnovabili (CER), le citate Direttive Europee inquadrano le Comunità Energetiche come organizzazioni che si dotano di attività specifiche e di criteri relativi alla partecipazione nei processi di governance aperti, alla proprietà e al controllo condiviso con piccole imprese

Introduction and overview. The “just energy transition” of living labs in the decarbonisation process.

The decarbonisation processes necessary for energy transition, with scenarios of climate change to 2035, 2050 and 2085 (IPCC, 2019), entrust the role of energy communities with an “intelligent and open” task, considering that “energy networks” create smart grid models, where the concepts of consumption and production are dependent on their technologies, functioning in multi-energy systems with high levels of storage and redistribution, and making end users active subjects. A new approach is advancing, which moves the concept of decarbonisation towards net-zero models and founds a new paradigm, which «introduces new benefits for end-users, such as security of energy supply and affordability, while network operators benefit from

deferred grid expansion plans and greater diversification of energy supply. At the same time, this paradigm introduces new technical, economic and social challenges for network operators, end users and regulators, especially due to the unreliability, intermittence and non-transferability of most RES» (Zhongfan, 2022).

The EU, through the initiatives for the competitiveness of the “Clean Energy Package” (*Winter Package*), which provides for 32% energy coverage from renewable sources by 2030, defines the energy communities «a new form of social movement that allows for more participatory and democratic energy processes» (European Commission, 2018). From a legislative point of view, neither the EU nor the national states yet clearly define their legal form; in fact, the energy communities are defined in two separate laws

se, con lo scopo di generare non profitti economici, ma benefici ambientali. Sia le CEC che le CER, in ogni caso, possono svolgere attività analoghe, che riguardano essenzialmente la generazione, la distribuzione, la fornitura, l'aggregazione, il consumo, la condivisione, lo stoccaggio di energia e la fornitura di servizi. Le comunità energetiche traggono moltissimi benefici da tutte le reti di sistemi energetici, ma ad oggi con maggiore incidenza dalle fonti rinnovabili FER fotovoltaiche e eoliche, «secondo le stime, entro il 2030 le comunità energetiche potrebbero possedere circa il 17% della capacità eolica installata e il 21% di quella solare (Commissione Europea, 2016). Entro il 2050, si prevede che quasi la metà delle famiglie dell'UE produrrà energia rinnovabile» (Kampman *et al.*, 2016).

Le comunità energetiche e le loro reti rimarranno ancora per molto tempo connesse ai sistemi energetici nazionali, alle infrastrutture di distribuzione, ma nelle isole e nelle aree interne i sistemi autonomi potrebbero realizzare innovativi modelli di consumo, autoconsumo e produzione con tecnologie avanzate. Ciò di fatto muterebbe l'assetto delle infrastrutture, nei sistemi spaziali dei contesti abitati e i loro modelli di gestione dei flussi energetici, agendo all'interno dei più ampi modelli circolari dell'uso sostenibile delle risorse e della gestione da parte degli utenti/cittadini.

Nel progetto delle città sostenibili, le comunità energetiche divengono uno dei modelli da perseguire per le città "Net-Zero"¹, esprimendo in progetti di trasformazione, nuove configurazioni performative e infrastrutture energetiche perfettamente integrate al paesaggio urbano, rendendo produttivi tutti i sistemi ambientali coinvolti. Il caso del Quartiere di Schoonschip di Amsterdam, ne è l'esempio (Fig. 1).

of the Winter Package. The revision of the Renewable Energy Directive (EU) 2018/2001 sets the framework for energy communities covering renewable energy. The revision of the Internal Electricity Market Directive (EU) 2019/944 introduces new roles and responsibilities for "citizen energy communities" in the energy system that affects all types of electricity.

The National Plans for Climate and Energy will also have to better define the organisation of the "Renewable Energy Communities". Although recent literature makes a distinction between the models of Energy Communities of Citizens (CEC) and Renewable Energy Communities (CER), the aforementioned European Directives frame the Energy Communities as organisations that adopt specific activities and related criteria to participation in open governance processes, own-

ership and shared control with small businesses. The aim is to generate not economic profits, but environmental benefits. In any case, both CECs and CERs can carry out similar activities, which essentially concern the generation, distribution, supply, aggregation, consumption, sharing, storage of energy and the provision of services.

Energy communities derive many benefits from all networks of energy systems, but to date with a greater incidence from renewable sources such as photovoltaic and wind, «according to estimates, by 2030 energy communities could own about 17% of installed wind capacity and 21% of solar capacity (European Commission, 2016). By 2050, nearly half of EU households are expected to produce renewable energy» (Kampman *et al.*, 2016).

Energy communities and their networks will still remain connected to



Il quartiere galleggiante realizzato in autocostruzione in 10 anni ha 110 residenti in 30 case galleggianti, la piattaforma condivisa del catalogo delle soluzioni innovative registra il monitoraggio continuo del consumo e della produzione energetica, dovuta alle pompe di calore e ai pannelli solari (60) e fotovoltaici (516); la loro *smart community platform* è connessa ad un fornitore di energia locale. Il quartiere ha comunque un funzionamento circolare per le acque reflue, che vengono trasformate da un biodigestore in energia. La biodiversità del canale è preservata con altri sistemi connessi alla vegetazione, al food, ecc. (Fig. 2). Un metabolismo circolare e continuo tra spazi indoor e outdoor.

In questo tempo di sperimentazione, si testano soluzioni differenti per indagare sui modelli e sui processi esportabili. La ricerca condotta per il rapporto JRC "Energy communities: an overview of energy and social innovation" (2020), riporta un'indagine su 9 paesi e 24 casi studio, in cui emergono i limiti delle attività di generazione, autoconsumo e fornitura e distribuzione, connessi alla dimensione dei soggetti che partecipano alla comunità.

Inoltre, emerge come loro diffusione e loro presenza si debba ad un numero maggiore nelle aree dove la rete energetica pubblica

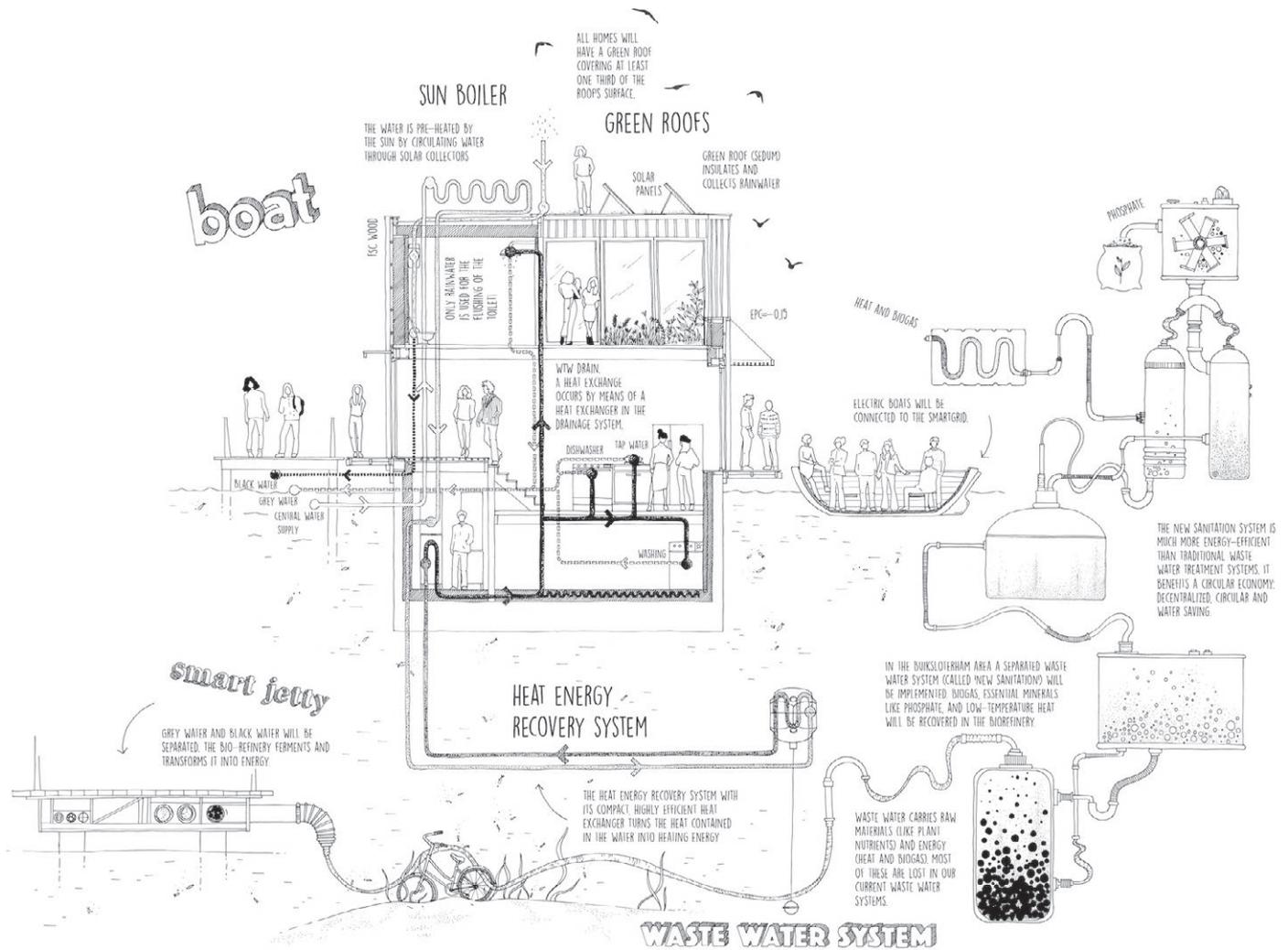
national energy systems and distribution infrastructures for a long time to come, but in islands and inner areas autonomous systems could implement innovative models of consumption, self-consumption and production with advanced technologies. This would change the structure of the infrastructures in the spatial systems of inhabited contexts and their energy flow management models, acting within the broader circular models of sustainable use of resources and management by users/citizens.

In the project of sustainable cities, energy communities become one of the models to be pursued for "Net-Zero" cities¹, expressing in transformation projects, new performative configurations and energy infrastructures perfectly integrated into the urban landscape, making all the environmental systems involved productive. The case

of the Schoonschip district of Amsterdam is an example of this (Fig. 1).

The floating district built in self-construction in 10 years has 110 residents in 30 floating houses. The shared platform of the catalogue of innovative solutions records the continuous monitoring of energy consumption and production by heat pumps and solar (60) and photovoltaic panels (516). Their smart community platform is connected to a local energy supplier. However, the district has a circular system for wastewater, which is transformed by a bio-digester into energy. The biodiversity of the canal is preserved with other systems connected to vegetation, food, etc. (Fig. 2). A circular and continuous metabolism between indoor and outdoor spaces.

During this experimentation period, different solutions are tested to investigate exportable models and processes.



The research conducted for the JRC report “Energy communities: an overview of energy and social innovation” (2020), presents a survey of 9 countries and 24 case studies, in which the limits of generation, self-consumption, supply and distribution activities emerge connected to the size of the subjects participating in the community. Furthermore, it emerges that their diffusion and presence is greater in areas where the public energy network is widespread, mostly favouring the creation of innovative companies with a strong social and environmental impact. Instead, a type of innovation connected to new management models can be found on a small scale in the more isolated and small areas. However, there is the risk that in both scenarios, a certain type of network of subjects linked to commercial and economic interests may limit this in-

novative profile. The legal structures in which the CERs are recognised have different organisational forms, which also influence the levels of participation of the active subjects and the models adopted, which can be organised in «Energy cooperatives, limited partnerships, community trusts and foundations, housing associations, customer-owned non-profits, public-private partnerships, utility companies» (JRC based on Roberts *et al.*, 2014; Hanna, 2017; REN21, 2016). The motivations that push the various subjects to come together in communities, in order of greatest incidence are: investments in sustainable infrastructures (80%), green electricity and heat production (72%), financial reasons (52%), social and environmental sustainability (48%), self-sufficiency (32%), energy efficiency (28%), renewable energy supply and sharing (28%), secure en-

ergy supply (12%) (JRC based on the case studies, 2019). The sharing of the process and of the results of the activities transform the energy communities into “local communities” in which citizens can enjoy the co-benefits of their participation, and into “communities of interest”, capable of sharing visions that go beyond benefits, and which promote local development (Bauwens, 2016), also through co-design practices and co-management of processes, projects and technologies (Mangano and Leuzo, 2022). It is in this new socio-technical scenario that the Living Labs (LLs) acquire a fundamental role for the Winter Package, directing users towards motivations connected, for example, to the “supply and sharing of renewable energy”. The LLs are created to affect the impact of decarbonisation measures

through organisational and management forms of the strategies and solutions that serve the green and digital transition, not forgetting “the necessary condition of inclusion of the communities” in physical-infrastructure processes at all levels. This makes them capable of measuring themselves with new approaches and visions against problems related to environmental issues and climate change. Indeed, it refers to the need not only to operate in a “transition” regime, but also to ensure a “just transition”². The co-benefits refer to the effectiveness of the CER model, becoming spaces for LLs’ actions on the trajectories of interest for the JMT, towards future scenarios for 2030, 2050, 2085, in which “emerging technologies” take on roles in the ecological/energy and digital transition. They effectively influence socio-economic impacts deriv-

è diffusa, favorendo perlopiù la nascita di imprese innovative a forte impatto sociale e ambientale, mentre invece nelle aree più isolate e piccole, emerge un tipo di innovazione connessa a nuovi modelli gestionali su piccola scala. Vi è comunque il rischio, che in entrambi gli scenari, un certo tipo di reti di soggetti legati ad interessi di tipo commerciale ed economico, limitino tale profilo di innovazione. Le strutture legali in cui si riconoscono le CER assumono differenti forme organizzative, che influiscono anche sui livelli di partecipazione dei soggetti attivi e dei modelli adottati, che si possono organizzare in «cooperative energetiche, società in accomandita, trust e fondazioni comunitarie, associazioni edilizie, imprese senza scopo di lucro di proprietà del cliente, partenariati pubblico-privati, società di servizi pubblici» (JRC basato su Roberts *et al.*, 2014; Hanna, 2017; REN21, 2016). Le motivazioni che spingono i diversi soggetti a riunirsi in comunità, in ordine di maggiore incidenza sono: investimenti in infrastrutture sostenibili (80%), produzione di elettricità e calore verdi (72%), motivazioni finanziarie (52%), sostenibilità sociale e ambientale (48%), autosufficienza (32%), efficienza energetica (28%), fornitura e condivisione di energia rinnovabile (28%), approvvigionamento energetico sicuro (12%) (JRC basato sui casi studio, 2019).

La condivisione del processo e dei risultati delle attività trasformano le comunità energetiche in “comunità di luogo”, in cui i cittadini possono fruire dei co-benefici della loro partecipazione e in “comunità di interesse”, capace di condividere delle visioni che vanno oltre gli stessi benefici e che promuovono lo sviluppo locale (Bauwens, 2016), anche attraverso pratiche di co-design e co-management di processi, progetti e tecnologie (Mangano, Leuzzo, 2022).

ing from activities aimed at «participation/ownership, lifestyle, low cost energy bills, social cohesion, education, acceptance and awareness, combating energy poverty, regeneration of the local economy, well-being and health, job creation and local skills» (Caramizaru *et al.*, 2020).

The LLs thus become the physical and digital places that manage this effectiveness, supporting the co-management of all operations and activities of the CERs, made up of citizens, associations, businesses, local and national bodies, study and research centres and universities. They become a platform that converges human, technical and digital resources in the energy transition processes, accelerating the methods aimed at founding strategies, selecting solutions and promoting visions. The case illustrated below of energy communities in inner areas

takes on a particularly innovative profile in terms of the processes we have discussed, and of “management of participation and monitoring”. It becomes an even more accessible model, albeit one that can be effectively scaled.

An experimental methodology for the design of energy communities in inner areas

The research project³, targeting the reduction of impacts from climate change through mitigation and adaptation processes and strategies, has the objective of activating a demonstrator (Living Lab) in the SNAI pilot area “Grecanica” (RC). At the site it will develop and transfer advanced sustainable technologies for the “energy self-production of communities”, with processes enabled by technologies belonging to advanced systems for customised production and distributed generation

È in questo nuovo scenario socio-tecnico che i *Living Labs* (LLs) assumono un ruolo fondamentale per il Winter Package, orientando gli utenti verso quelle motivazioni connesse per es. al “*supply and sharing of renewable energy*”. I LLs nascono per incidere sull’impatto delle misure di decarbonizzazione, attraverso forme organizzative e gestionali delle strategie e delle soluzioni che servono alla transizione verde e digitale, non dimenticando “la necessaria condizione di inclusione delle comunità” ai processi fisici-infrastrutturali a tutti i livelli, rendendole capaci di misurarsi con nuovi approcci e visioni ai temi connessi alle questioni ambientali e al climate change; ciò, di fatto, riferisce sulla necessità non solo di operare in regime di “transizione”, ma anche di “giusta transizione”².

I co-benefici possono dirsi riferibili all’efficacia del modello delle CER divenendo spazi di azioni dei LLs sulle traiettorie di interesse per la JMT, verso scenari futuri 2030, 2050, 2085, in cui “le tecnologie emergenti” assumono ruoli in ambito di transizione ecologica/energetica e digitale con efficacia sugli impatti socio-economici derivanti da attività indirizzate alla «partecipazione/proprietà, allo stile di vita, alle bollette energetiche a basso costo, alla coesione sociale, all’istruzione, all’accettazione e alla consapevolezza, alla lotta alla povertà energetica, alla rigenerazione dell’economia locale, al benessere e alla salute, alla creazione di posti di lavoro e competenze locali» (Caramizaru *et al.*, 2020). I LLs divengono così i luoghi fisici e digitali, che gestiscono questa efficacia, supportando la cogestione di tutte le operazioni e le attività delle CER, composte da cittadini, associazioni, imprese, enti locali e enti nazionali, centri di studi e di ricerca e università; una piattaforma di risorse umane e tecniche e digitali insieme, nei processi di transizione energetica,

from renewable sources, smart grids and digital flow management.

It is a matter of experimenting with projects featuring a high rate of innovation, cohesion and promotion of knowledge, in which users are not only final users (consumers), but actively participate in saving and energy production (producers), contributing to the creation of a new circular model (prosuming), according to an “integrated co-design” approach (co-programming and co-design). The recipients of the research can be identified in the community activated with the Living Lab (citizens, businesses, organisations and local associations) with the following types of repercussions:

- environmental (CO2 savings in energy production and regenerative processes);
- economic (incentives for producers-consumers);

- social (direct involvement of the production system and the community in strategies to reverse the depopulation trend and fight against energy poverty).

The research methodology is divided into four phases:

- Phase 1_a) Construction of the literature on the topics and state of the art; b) first meta-project mapping of the operational phase of the Living Lab;
- Phase 2_a) study and analysis of location scenarios and system interventions; b) identification of stakeholders and planning of Living Lab activities;
- Phase 3_a) Activation and implementation of Living Lab structures; b) creation of the prototype of the structure and of the integrated solar production and impact monitoring devices for the CERs involved;

accelerano i metodi indirizzati a fondare strategie, selezionare soluzioni, promuovere visioni. Il caso di seguito illustrato delle comunità energetiche nelle aree interne assume un particolare profilo innovativo nei termini dei processi che abbiamo discusso e in termini di “gestione della partecipazione e del monitoraggio”, esso diviene un modello ancora più accessibile, per quanto efficacemente dimensionabile.

Una metodologia sperimentale per il progetto delle comunità energetiche nelle aree interne

Il progetto di ricerca³, agendo sulla riduzione degli impatti da cambiamento climatico attraverso processi e strategie di mitigazione e adattamento, ha come obiettivo l’attivazione di un dimostratore (*Living Lab*) nell’area pilota SNAI “Grecaica” (RC), in cui sviluppare e trasferire tecnologie avanzate sostenibili per l’“autoproduzione energetica di comunità”, con processi abilitati da tecnologie proprie dei sistemi evoluti, per la produzione personalizzata e la generazione distribuita da fonti rinnovabili, le smart grids e la gestione digitale dei flussi.

Si tratta di sperimentare progetti ad alto tasso di innovazione, coesione e promozione della conoscenza, in cui gli utenti non sono solo i fruitori finali (*consumers*), ma partecipano attivamente al risparmio ed alla produzione energetica (*producers*), contribuendo alla creazione di un nuovo modello circolare (*prosuming*), secondo un approccio di “co-design integrato” (co-programmazione e co-progettazione). I destinatari della ricerca sono identificabili nella comunità attivata con il *Living Lab* (cittadini, imprese, organizzazioni ed associazioni del territorio) con ricadute di tipo:

- Phase 4_a) Evaluation of impacts; b) final report on the results and exportability programme of the research. Below is a summary of intermediate results for Phases 1 and 2.

Phase 1.a_Study of the state-of-the-art and construction of a case study apparatus

In the first phase of the research, studies were conducted on the state-of-the-art and the reference scenario, on the characterisation of the technologies used, and on the different characteristics of the development and implementation context of the Renewable Energy Communities. Currently, there are 54 active Energy Communities in Italy, and it is important to note that as many as 75% are located in inner areas (Legambiente, 2021). In the wake of evidence concerning the sector of the substantial contribution marginal

territories can make to the objectives of climate neutrality (Marinakakis, Papadopoulou, Psarras, 2015) and energy transition, in this phase it was useful to analyse and deepen some experiences of energy communities and *Living Labs* in rural/inner areas at both European and national level.

For the closing case studies, 15 files were produced, organised according to the following levels of information:

- location, year of establishment (identification section);
- management model, technologies used (qualitative-quantitative data);
- energy production, coverage of energy needs (quantitative data);
- “regenerative” impacts (qualitative-quantitative data).

For exemplifying purposes, this contribution reports the data sheet relating to the case study of the CER “Berchidda Energia 4.0” (Fig. 3).

- ambientale (risparmio CO₂ nella produzione di energia e processi rigenerativi);
- economico (incentivi per i produttori-consumatori);
- sociale (coinvolgimento diretto del sistema produttivo e della comunità nelle strategie di inversione del trend di spopolamento e lotta alla povertà energetica).

La metodologia della ricerca si articola in quattro fasi:

- Fase 1_a) Costruzione della letteratura sui temi e stato dell’arte; b) prima mappatura meta-progettuale della fase operativa del *Living Lab*;
- Fase 2_a) studio e analisi degli scenari di localizzazione e degli interventi di sistema; b) individuazione stakeholder e programmazione attività di *Living Lab*;
- Fase 3_a) Attivazione e realizzazione strutture del *Living Lab*; b) realizzazione del prototipo della struttura e dei dispositivi integrati di produzione solare e di monitoraggio degli impatti per le CER coinvolte;
- Fase 4_a) Valutazione degli impatti; b) relazione finale sui risultati e programma di esportabilità della ricerca.

Di seguito una sintesi di risultati intermedi per le Fasi 1 e 2.

Phase 1.a_Studio dello stato dell’arte e costruzione di un apparato casi studio

Nella prima fase della ricerca sono stati condotti gli studi dello stato dell’arte e dello scenario di riferimento, della caratterizzazione delle tecnologie impiegate e dei diversi caratteri di contesto di sviluppo ed implementazione delle Comunità Energetiche Rinnovabili. Attualmente, sono 54 le Comunità Energetiche attive in Italia ed è importante notare che ben il 75% è situato nelle aree interne (Legambiente, 2021). Sulla scia

Phase 1.b_Meta-design mapping of the operational phase

The objective of this phase concerns the definition of elements characterising the creative, planning and experimental process of the *Living Lab*, within the area and the “inner” community identified with a scouting process. Activities will be carried out for prototyping, verification and experimentation for technical and economic feasibility studies on the level of efficiency of technological choices at the system/component scale and of devices supporting the Energy Community.

The LL in support of the Energy Community project will take into account:

- “territorial” components, i.e. physical capital and natural capital, with the reference community (stakeholders and end users together);
- “technological” components, i.e. technologies and devices for pro-

duction and consumption with RES, integrated technologies for energy production and storage and network monitoring (digital management platforms, smart boxes, storage batteries, etc.) (Fig. 4).

These aspects become fundamental levers for the development of regenerative EWCs, allowing this model to develop, integrating transdisciplinary and interscalar research, knowledge, technologies and methodologies (building/neighbourhood or village, citizen/community, inner areas/urban areas).

The meta-design phase of the LL is divided into eight activities/phases for three definitions of technological and social innovation spaces (Fig. 5):

- Problem space, for “empathisation” activities and the construction of a “human” knowledge platform with context analysis (1), the involve-

delle evidenze della lettura di settore sul contributo sostanziale che i territori marginali possono apportare agli obiettivi di neutralità climatica (Marinakakis, Papadopoulou, Psarras, 2015) e di transizione energetica, in questa fase è stato utile analizzare ed approfondire alcune esperienze di comunità energetiche e Living Labs in aree rurali/interne a livello europeo e nazionale. Per i casi studio a chiusura si sono prodotte 15 schede organizzate secondo i seguenti livelli di informazione:

- localizzazione, anno di costituzione (sezione identificativa);
- modello di gestione, tecnologie impiegate (dati quali-quantitativi);

- produzione energetica, copertura del fabbisogno energetico (dati quantitativi);
- impatti “rigenerativi” (dati quali-quantitativi).

A fini esemplificativi, si riporta in questo contributo, la scheda relativa al caso studio della CER “Berchidda Energia 4.0” (Fig. 3).

Fase 1.b_Mappatura meta-progettuale della fase operativa

L’obiettivo di questa fase riguarda la definizione degli elementi che caratterizzano il processo ideativo, progettuale e sperimentale del *Living Lab*, all’interno dell’area e della comunità “interna” individuate con un percorso di scouting. Si realiz-

Case Study #4 (CS-4) | REC “Berchidda 4.0”



Location: Berchidda (Sassari, Italy)

Population: 2688 inhabitants (up to date 31-08-2020)

Management model: Energy Community made up citizens, Sardegna Region, Department of Engineering and Electronic University of Cagliari

Technologies used:

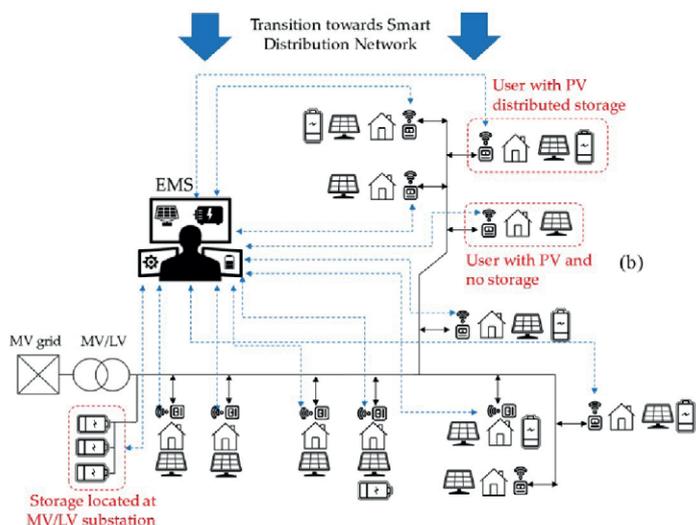
- 200 fotovoltaic plants with >1500 kWp of power
- Storage systems with a capacity of 50 kW/50kWh
- Smart Home Systems for energy monitoring

Energy production: solar energy production of about 3 GWh/year

Energy demand coverage: solar energy production of about 3 GWh/year

Impacts:

- Activation of 30 pilot projects on existing pv systems for self-consumption promotion and community engagement
- 620,000 € savings (-50% public cost of energy) and 30% energy bill reduction



Figures:

View of Berchidda FV plants and REC functioning model. Source: Ghiani, Emilio & Giordano, & Rosetti, & Pilo, F.. (2019). Planning of a Smart Local Energy Community: The Case of Berchidda Municipality (Italy). *Energies*. 12. 4629. 10.3390/en12244629.

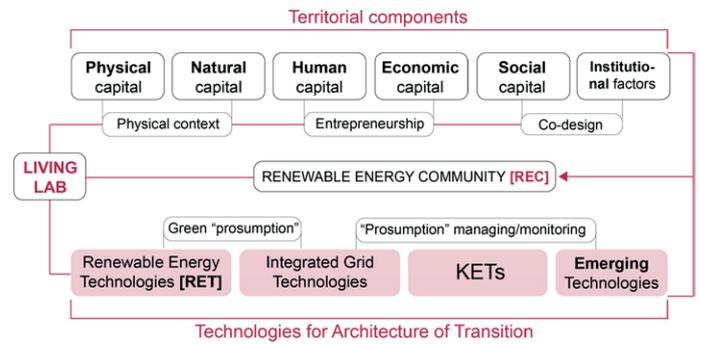
04 | Le componenti territoriali e tecnologiche per l'attivazione di un LL a supporto delle CER. Fonte: elaborazione di G.Mangano
The territorial and technological components for the activation of a LL in support of the CERs. Source: elaboration by G.Mangano

05 | Mappa meta-progettuale per il LL. Fonte: rielaborazione di G.Mangano dal modello proposta da Energy Living Lab Association. Cfr: <https://energylivinglab.com/>
Meta-project map for the LL, source: G. Mangano's reworking of the model proposed by the Energy Living Lab Association. See <https://energylivinglab.com/>

zeranno le attività per la prototipazione, la verifica e la sperimentazione per la fattibilità tecnica ed economica, gli studi sul livello di efficienza delle scelte tecnologiche alla scala di sistema/componente e di dispositivi a supporto della Comunità Energetica.

Il LL a supporto del progetto della Comunità Energetica terrà conto di:

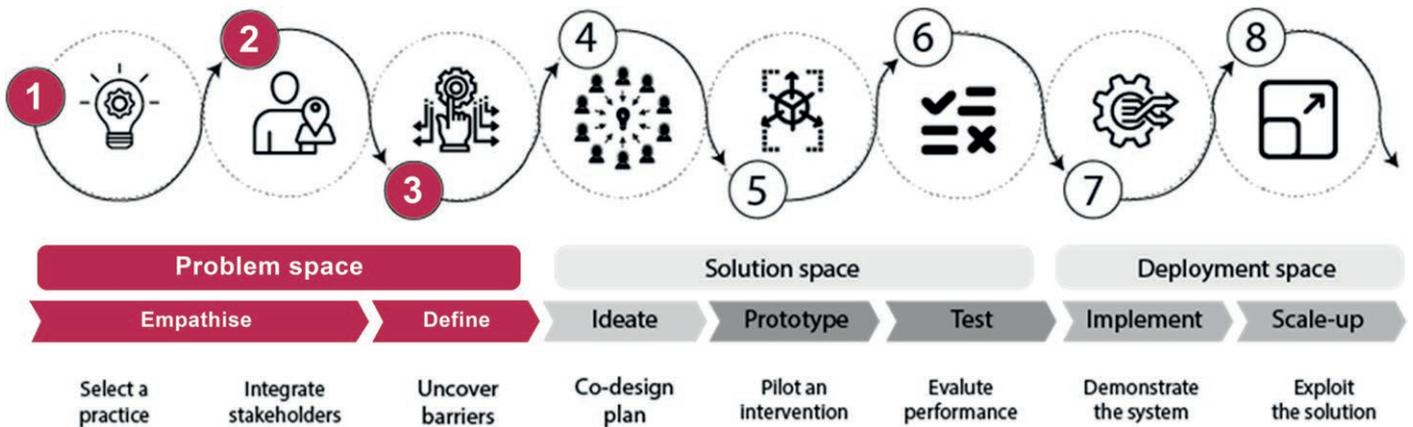
- componenti di tipo “territoriale”, ovvero il capitale fisico e capitale naturale, con la comunità di riferimento (stakeholder e utenti finali insieme);
- componenti di tipo “tecnologico”, ovvero le tecnologie ed i dispositivi per la produzione ed il consumo con le FER, le tecnologie integrate di produzione e accumulo energetico e di monitoraggio delle reti (piattaforme digitali di gestione, *smart box, storage batteries*, ecc.) (Fig. 4).



Questi aspetti diventano leve fondamentali per lo sviluppo di CER a carattere rigenerativo, permettendo di rendere questo modello più avanzato, integrando ricerche, conoscenze, tecnologie e metodologie transdisciplinari e interscalari (edificio/quartiere o villaggio, cittadino/comunità, aree interne/aree urbane). La fase meta-progettuale del LL si articola in otto attività/fasi per tre definizioni di spazi dell'innovazione tecnologica e sociale (Fig. 5):

- *Problem space*, per le attività di “empatizzazione” e costruzione di una piattaforma conoscitiva “umana” con l’analisi

05 |



ment of interested users (2) and the exploration of their needs (3);

- Solution space, a first phase of co-design for the generation of ideas (4), for the development of a “pilot” solution (prototype) (5) to be tested for an initial verification of the performance of the solutions developed (6), with the possibility of repeating the process;
- Deployment space, with the phases of “implementation” of the solution adopted (7) and the possibility of being able to adapt and scale it within the demonstrator or in a similar environment (8).

Phase 2.a_Provisional models and localisation scenarios of the interventions
 The proposed methodology is applied to a municipality in the SNAI “Grecanica” pilot area, where 18,821 people live in 15 municipalities and which, in

the last forty years, has lost over 40% of the population and seen the abandonment of entire settlements due to the lack of essential services and environmental instability events. Based on this scenario, a preliminary survey was carried out for the candidacy of 3 inner settlements, verifying the presence of favourable characteristics for the activation of an energy community (location, solar radiation, performance potential of the installable photovoltaic systems). The analysis is performed using the open access tool PhotoVoltaic GIS (PVGIS)⁴. The simulations were carried out on the municipalities of Cardeto, Condofuri and Palizzi, using the PVGIS-SARAH2 database, which considers the use of crystalline silicon photovoltaic technology, with installed power [kWp]=1, system power loss (average) by 14% and a fixing angle of 35°.

The results show that among the three candidate municipalities for testing a CER, Palizzi has an annual PV energy production potential of 1631.26 kWh and flat irradiation of 1979.47 kWh/m², with higher values than Cardeto (1424.95 kWh – 1839.72 kWh/m²) and Condofuri (1516.9 kWh – 1952.61 kWh/m²), thanks to its position and the more favourable exposure to the performance of the photovoltaic panels (Fig. 6). Furthermore, the municipality of Palizzi, located in climatic belt C, is the one with the least number of degree-days. Therefore, already in this preliminary investigation phase, it is possible to state that, in energy terms, this translates into a lower energy requirement for heating systems. The table below (Tab. 1) illustrates the comparison between the three inner centres on the basis of data and information relating to:

- resident population;
- “green” policies and/or CERs in progress;
- past investments in renewables;
- climatic zone and degree days;
- the value of the potential energy from PV on a fixed angle;
- the value of the irradiation in plane for a fixed angle.

The results, at this stage of the research, indicate that the municipality of Palizzi presents conditions potentially favouring the activation of a CER with energy technologies for RES. The activities of the next steps will primarily concern the in-depth analysis of the context and study of the built heritage, with a view to integrated design processes of RES energy technologies and the start of the process of involving the stakeholders of the territory selected to co-design the energy community.

- di contesto (1), il coinvolgimento degli utenti interessati (2) e l'esplorazione dei loro bisogni (3);
- *Solution space*, una prima fase di co-design per la generazione di idee (4), per lo sviluppo di una soluzione "pilota" (prototipo) (5), da testare per una prima verifica delle performances delle soluzioni sviluppate (6), con la possibilità di reiterare il processo;
- *Deployment space*, con le fasi di "implementazione" e realizzazione della soluzione adottata (7) e la possibilità di poterla adattare e scalare all'interno del dimostratore o in ambiente analogo (8).

Fase 2.a _Modelli previsionali e scenari di localizzazione degli interventi

La metodologia proposta si applica su un comune dell'Area pilota SNAI "Grecanica", dove risiedono 18.821 persone in 15 comuni e che negli ultimi quarant'anni ha perduto oltre il 40% della popolazione e visto l'abbandono di interi insediamenti a causa dell'assenza di servizi essenziali ed eventi di dissesto ambientale. Sulla base di questo scenario, è stata effettuata un'indagine preliminare per la candidatura di 3 insediamenti interni, verificandone la presenza di caratteristiche favorevoli per l'attivazione di una comunità energetica (localizzazione, irraggiamento solare, potenzialità prestazionali degli impianti fotovoltaici installabili). L'analisi viene effettuata tramite l'*open access tool* PhotoVoltaic GIS (PVGIS)⁴, che restituisce il calcolo del potenziale di produzione di energia per diverse tecnologie e configurazioni fotovoltaiche e per radiazione solare e temperatura, come medie mensili o profili giornalieri in serie temporali complete (annuali, mensili, giornaliere).

Research implications and progress: the response of innovation

If, on the one hand, the socio-economic fragility of the inner areas can represent an impediment to the application of research, on the other its Living Lab responds as a platform of "innovation and open knowledge", which enables technology transfer processes and sustainability for innovative models, as stated in the introductory paper.

Five aspects have been identified that make the experimentation of a Living Lab innovative for energy communities in inner areas:

1. climatic and environmental factors (availability of resources);
2. the defined settlement model (accounting of energy needs);
3. the absence/scarcity of essential services and energy supplies;
4. the scalability of the interventions (project at all scales);

5. integrated territorial investments for the period 21-27.

The answer that LL field experimentation can certainly provide the aforementioned aspects, placing the application of its integrated process practices (problem space; solution space, deployment space)⁵, derives from those strategies, solutions and visions, which, from the local scale can contribute to the global one concerning environmental, social, economic, geopolitical and even technological risk factors. Referring to what emerges from the latest WEF 2023 Report regarding the severity of certain short and long-term global risks (Fig. 7), we can assume that the themes of biodiversity, intensively present in the inner areas of the Grecanica (subject of experimentation), as well as the proposal to control the migratory emergency,

Le simulazioni sono state effettuate sui comuni di Cardeto, Condofuri e Palizzi, utilizzando il database PVGIS-SARAH2, che considera l'impiego di tecnologia fotovoltaica al silicio cristallino, con potenza installata [kWp]=1, perdita di potenza del sistema (media) del 14% e angolo di fissaggio di 35°. I risultati mostrano che tra i tre comuni candidati alla sperimentazione di una CER, Palizzi possiede un potenziale di produzione energetica da FV annua di 1631,26 kWh e un'irradiazione piana di 1979,47 kWh/m², con valori più elevati rispetto a Cardeto (1424,95 kWh – 1839,72 kWh/m²) e Condofuri (1516,9 kWh – 1952,61 kWh/m²), grazie alla sua posizione e all'esposizione più favorevole alle prestazioni dei pannelli fotovoltaici (Fig. 6). Inoltre, il comune di Palizzi, situato nella fascia climatica C, è quello che presenta il minor numero di gradi-giorno. Pertanto, già in questa fase di indagine preliminare, è possibile affermare che, in termini energetici, questo si traduce in un minor fabbisogno di energia per sistemi di riscaldamento.

La tabella di seguito (Tab.1) illustra il confronto tra i tre centri interni sulla base di dati e informazioni relativi a:

- popolazione residente;
- politiche "verdi" e/o CER in corso;
- investimenti passati sulle rinnovabili;
- zona climatica e gradi giorno;
- il valore dell'energia potenziale da FV su angolo fisso;
- il valore dell'irradiazione in piano per angolo fisso.

I risultati, a questa fase della ricerca, indicano che nel territorio del comune di Palizzi vi siano condizioni potenziali più favorevoli all'attivazione di una CER con le tecnologie energetiche per le FER.

taking into account the fact that such areas can be re-inhabited, can become "drivers of sustainable development and innovation". ERCs capable of proactively managing this necessary transition, in climate change scenarios, have all the resources available to initiate co-design approaches, facilitation, global analyses, networks and bottom-up innovations, capable of constituting real "demonstrators of new models and technological and transition management systems", capable of replicating the processes to scale them in other nearby territories with other energy communities.

ACKNOWLEDGMENTS AND ATTRIBUTION

This contribution is partially supported by the ONP research project "Research and Innovation" 2014-2020, Action IV.6 "Research contracts

on green issues", cod. G05, CUP C35F21001290002 and the research project "RC Metro Citizens in Transition – Metropolitan Agenda for Sustainable Development for the Metropolitan City of Reggio Calabria" (Agreement between the Metropolitan City of Reggio Calabria and the MATTM DG-SVI, see www.rcmetro-citizensintransition.com).

C.Nava is the author of the paragraph entitled "Introduction and overview. The "just energy transition" of living labs in the decarbonisation process. G.Mangano is the author of the paragraph entitled "An experimental methodology for the design of energy communities in inner areas". C. Nava and G.Mangano are co-authors of the paragraph entitled "Implications and progress of research: the response of innovation".

Le attività dei prossimi step riguarderanno prioritariamente l'approfondimento delle analisi di contesto e di studio del patrimonio costruito, in ottica di processi di design integrato delle tecnologie energetiche FER e l'avvio del processo di coinvolgimento degli stakeholder del territorio selezionato per le fasi di co-progettazione della comunità energetica.

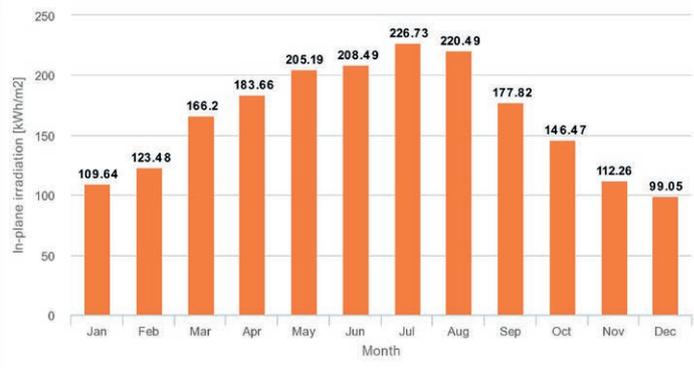
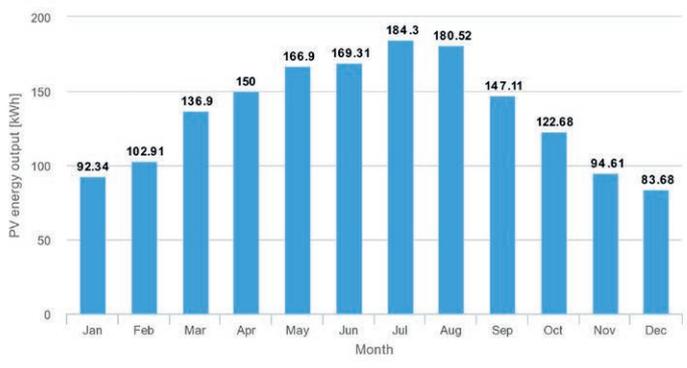
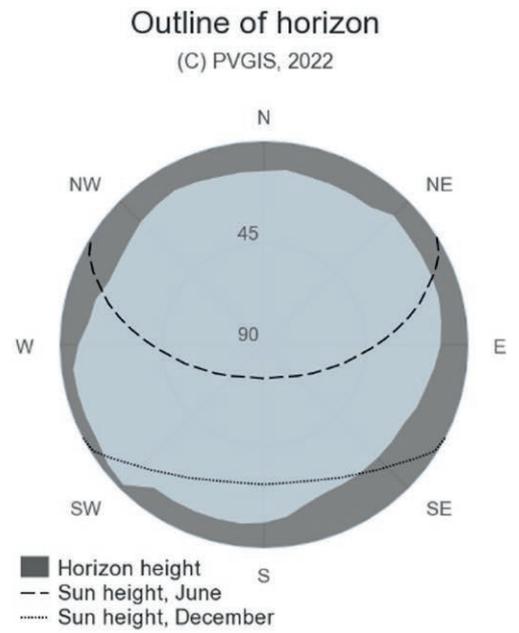
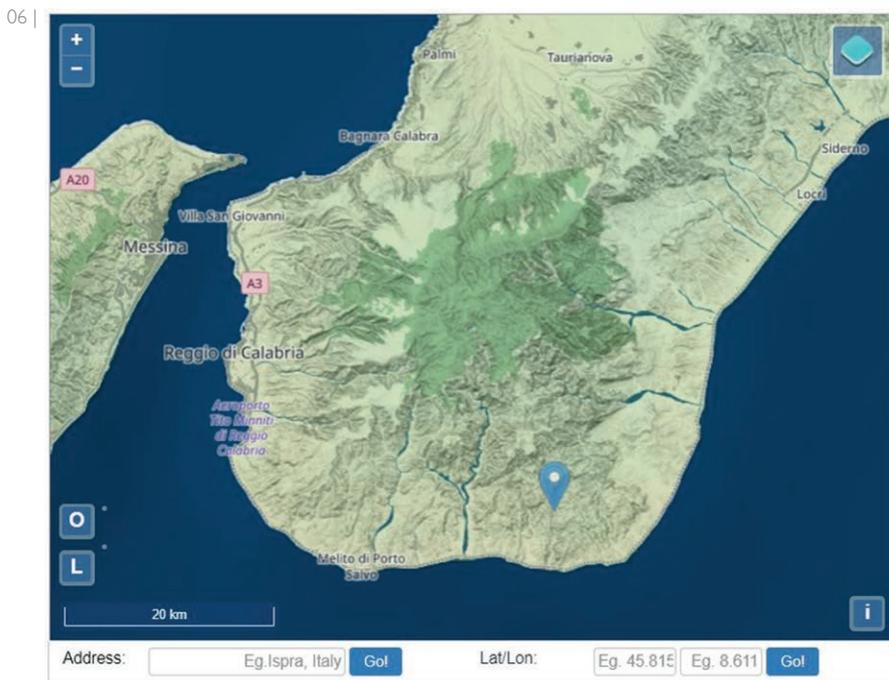
Implicazioni e progress della ricerca: la risposta dell'innovazione

Se da un lato, la fragilità socio-economica delle aree interne può rappresentare un fattore ostativo per l'applicazione della ricerca, dall'altro il suo *Living Lab* risponde quale piattaforma di "innovazione e conoscenza aperta", che abilita i processi di

trasferimento tecnologico e di sostenibilità, per modelli innovativi, come riferito nel contributo introduttivo. Si individuano cinque aspetti che rendono innovativa la sperimentazione di un Living Lab per le comunità energetiche nelle aree interne:

1. i fattori climatici ed ambientali (disponibilità di risorse);
2. il modello insediativo definito (contabilizzazione del fabbisogno energetico);
3. l'assenza/scarsità dei servizi essenziali e approvvigionamento energetico;
4. la scalabilità degli interventi (progetto a tutte le scale);
5. gli investimenti territoriali integrati per il periodo 21-27.

La risposta che la sperimentazione sul campo del *LL* può cer-



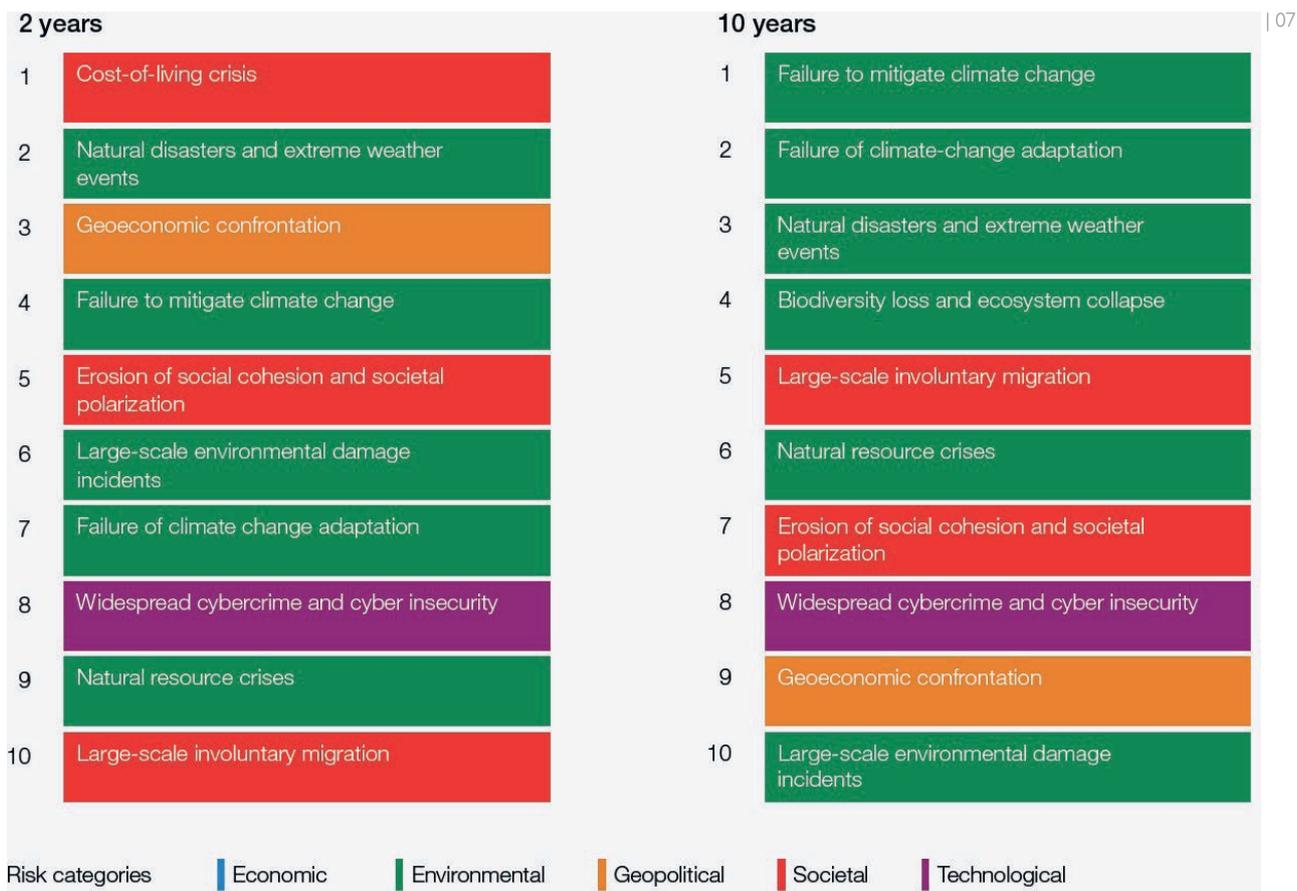
Tab. 01 | Confronto tra le tre aree interne candidate alla sperimentazione del LL. Fonte: elaborazione di G.Mangano
 Comparison between the three inner candidate areas for LL experimentation. Source: elaboration by G.Mangano

	CARDETO	CONDOFURI	PALIZZI
Population			
(n. inhabitants)	1,591	4,656	2,017
Ongoing REC or green policies			
(Yes/ No)	No	No	No
Past investments			
on RES	Yes (ROP 2007-2013 – Axes I/II)	No	No
Climatic Zone	D	C	C
Degree-days	2,033	1,323	1,205
Monthly energy output from fix-angle PV (kWh)	1424.95	1516.9	1631.26
Monthly in-plane irradiation for fixed angle (kWh/m²)	1839.72	1952.61	1979.47

| Tab. 01

tamente fornire ai suddetti aspetti, collocandovi l'applicazione delle sue pratiche di processo integrato (*problem space; solution space, deployment space*)⁵, deriva da quelle strategie, soluzioni e visioni, che dalla scala locale possono contribuire a quella globale, con riferimento ai fattori di rischio di tipo ambientale, sociale, economico, geopolitico e anche tecnologico. Riferendoci, infatti, a quanto emerge dall'ultimo Rapporto WEF 2023, in merito alla severità di certi rischi globali a breve

e lungo termine (Fig. 7), possiamo assumere che i temi della biodiversità, molto presenti nelle aree interne dell'Area Gre-canica (oggetto di sperimentazione), così come la proposta di controllare l'emergenza migratoria, per la capacità delle stesse aree di essere luoghi da riabitare, possono divenire “drivers di sviluppo sostenibile e innovazione”. Le CER che possono in maniera proattiva gestire questa necessaria transizione, in scenari di cambiamenti climatici, hanno tutte le risorse dispo-



nibili per avviare approcci di co-design, facilitazione, analisi globali, networks e innovazioni bottom-up, in grado di costituire veri e propri “dimostratori di nuovi modelli e sistemi tecnologici e di gestione della transizione”, capaci di replicare i processi per scalarli in altri territori prossimi, con altre comunità energetiche.

RICONOSCIMENTI E ATTRIBUZIONE

Questo contributo è supportato in parte dal progetto ricerca PON “Ricerca e Innovazione” 2014-2020, Azione IV.6 “Contratti di ricerca su tematiche green”, cod. G05, CUP C35F21001290002 e dal progetto ricerca “RC Metro Citizens in Transition – Agenda Metropolitana di Sviluppo Sostenibile per la Città Metropolitana di Reggio Calabria” (Accordo tra la Città Metropolitana di Reggio Calabria e il MATTM DG-SVI, cfr. www.rcmetrocitycitizensintransition.com).

C. Nava è autrice del paragrafo intitolato “Introduzione e panoramica. La “giusta transizione energetica” dei living lab nel processo di decarbonizzazione, G. Mangano è autore del paragrafo intitolato “Una metodologia sperimentale per il progetto delle comunità energetiche nelle aree interne”. C. Nava e G. Mangano sono co-autori del paragrafo intitolato “Implicazioni e progress della ricerca: la risposta dell’innovazione”.

NOTE

¹ Horizon2020 con la Mission Platform della EU Mission on Climate-Neutral e Smart Cities, ha selezionato 53 città provenienti da 21 paesi della UE che si trasformeranno per attuare le politiche di transizione climatica urbana, ma con l’obiettivo comune di rendere entro il 2030 112 città dell’UE ad emissioni zero. Tra le città c’è Amsterdam e tra le Italiane ci sono Bergamo, Bologna, Firenze, Milano, Padova, Parma, Prato, Roma, Torino.

² 2EU regional and urban development_JTM_ https://ec.europa.eu/regional_policy/funding/just-transition-fund/just-transition-platform_en.

NOTES

¹ Horizon2020 with the Mission Platform of the EU Mission on Climate-Neutral and Smart Cities, has selected 53 cities from 21 EU countries that will transform urban climate transition policies for electricity, but with the common goal of creating 112 zero emission cities in the EU by 2030. The cities include Amsterdam and, the Italian context counts Bergamo, Bologna, Florence, Milan, Padua, Parma, Prato, Rome and Turin.

² EU regional and urban development_JTM_ https://ec.europa.eu/regional_policy/funding/just-transition-fund/just-transition-platform_en.

³ Research project “Advanced Impact Design and Enabling Technologies for the design and activation of “energy communities” with models, devices and prototypes. Living Lab in the inner areas of the Grecaonica Area”

– PON “Research and Innovation” 2014-2020, Axis IV “Education and research for recovery” Action IV.6 – “Research contracts on Green issues” – ssd ICAR/12, Scientific Responsible: Prof. Consuelo Nava – Technology transfer in R&D: R.ed.el srl – Third party research agreement dArTe – R.ed.el. (signed on 07/26/2022), Researcher: RTdA Arch. PhD Giuseppe Mangano. ⁴ EU Science Hub, PVGIS Photovoltaic Geographical Information System, https://joint-research-centre.ec.europa.eu/pvgis-photovoltaic-geographical-information-system_en (accessed 20 June 2022).

⁵ See caption Fig. 5.

³ Progetto-ricerca “Advanced Impact Design e Tecnologie abilitanti per il progetto e l’attivazione delle “comunità energetiche” con modelli, dispositivi e prototipi. Living Lab nelle aree interne dell’Area Grecaonica” – PON “Ricerca e Innovazione” 2014-2020, Asse IV “Istruzione e ricerca per il recupero” Azione IV.6 – “Contratti di ricerca su tematiche Green” – ssd ICAR/12, Resp. Scientifico: Prof.ssa Consuelo Nava – Trasferimento tecnologico in R&S: R.ed.el srl – Convenzione di Ricerca Conto Terzi dArTe – R.ed.el. (stipulata il 26/07/2022), Ricercatore: RTdA Arch. PhD Giuseppe Mangano.

⁴ EU Science Hub, PVGIS Photovoltaic Geographical Information System, https://joint-research-centre.ec.europa.eu/pvgis-photovoltaic-geographical-information-system_en (accessed 20 June 2022)

⁵ Cfr. didascalia Fig. 5.

REFERENCES

Bauwens, T. (2016), “Explaining the Diversity of Motivations behind Community Renewable Energy”, *Energy Policy*, Vol. 93, pp. 278-290.

Caramizaru, A. and Uihlein, A. (2020), *JRC – Energy communities: an overview of energy and social innovation*, EUR 30083 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg.

De Santoli, L. (2011), *Le Comunità dell’energia*, Quodlibet, Macerata.

E&S Group Polimi (2021), *Electricity Market Report 2021*, Collana Quaderni AIP, Politecnico Milano.

European Commission (2018), *Final Report of the High-Level Panel of the European Decarbonisation Pathways Initiative*, Publications Office of the European Union, Luxembourg.

Fan, Z., Cao J., Jamal, T. et al. (2022), “The role of ‘living laboratories’ in accelerating the energy system Decarbonization”, *Energy Reports*, Vol. 8, pp. 11858-11864.

Hanna, R. (2017), “Community Renewables Innovation Lab. Energy Transition Platform Policy Briefing”, *Spiral.Imperial.Ac.Uk*, Vol. 22.

IPCC (2019), *Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty*, Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, USA.

Kampman, B., Blommerde J. and Afma M. (2016), *The Potential of Energy Citizens in the European Union*, Report Commissioned by Greenpeace.

Marinakos, V., Papadopoulou, A.G. and Psarras, J. (2015), “Local communities towards a sustainable energy future: Needs and priorities”, *Int. J. Sustain. Energy*, Vol. 36, pp. 296-312.

Roberts, J., Bodman F. and Rybski R. (2014), “Community Power; Model Legal Frameworks for Citizen-Owned”, *Renewable Energy*, Vol. 1, ClientEarth, London.

REN21 (2016), “Renewables 2016 Global Status Report. Key Findings 2016”, *REN21 – Renewable Energy Policy Network*, Paris

World Economic Forum (2023), “Global risks ranked by severity over the short and long term”, in WEF, *The Global Risk Report*.

Comunità Energetiche: laboratori energetici e di sviluppo economico nelle valli del tortonese

Just Accepted: April 28, 2023 Published: October 31, 2023

RICERCA
SPERIMENTAZIONE/
RESEARCH AND
EXPERIMENTATION

Alessandra Battisti, <https://orcid.org/0000-0002-3288-9321>

Marco Antonini, <https://orcid.org/0000-0002-8012-7516>

Angela Calvano, <https://orcid.org/0000-0001-6387-0335>

Andrea Canducci, <https://orcid.org/0000-0002-5825-0331>

Dipartimento di Pianificazione, Design, Tecnologia dell'Architettura, Sapienza Università di Roma, Italia

alessandra.battisti@uniroma1.it

marco.antonini@uniroma1.it

angela.calvano@uniroma1.it

andrea.canducci@uniroma1.it

Abstract. *Clean Energy for All Europeans, Green Deal e Fit for 55* a livello europeo e il Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima hanno individuato ineludibili obiettivi di decarbonizzazione raggiungibili grazie all'allargamento della platea di attori coinvolti e alla capacità di innovare in termini di evoluzione di prodotti/servizi e processi produttivi. In questo senso le tecnologie di produzione energetica decentrata insieme alle Comunità Energetiche Rinnovabili (CER) e alle iniziative dal basso rivestono un ruolo strategico nella costituzione di sistemi energetici locali. Obiettivo del paper è illustrare questi dinamismi all'interno del sistema territoriale e quali siano le caratteristiche delle iniziative locali e delle CER come mezzi di transizione energetica e di sviluppo economico.

Parole chiave: Transizione Energetica; Sistemi Energetici Locali; *Community Empowerment*; Decarbonizzazione; Prosumer.

Introduzione e background di ricerca

Nel dicembre 2019 la Commissione Europea ha approvato il *Green Deal Europeo* che definisce un insieme di misure in risposta alle sfide imposte dai cambiamenti climatici e sociali attuali, che si reificano in strategie di crescita per costruire un futuro più giusto, sano e sostenibile per le generazioni future, efficiente sotto il profilo delle risorse ed economicamente competitivo, con la prospettiva di rendere il continente climaticamente neutro entro il 2050 (IEA, 2021). Tra le iniziative incluse nel piano, in particolare il pacchetto *Fit for 55* mira a tradurre la normativa in proposte concrete, rivedendo l'apparato legislativo in materia di clima, energia e trasporti e allineando l'Unione Europea agli obiettivi climatici di riduzione delle emissioni nette di gas a effetto serra di almeno il 55% entro il 2030, rispetto ai livelli del 1990 (EC, 2018). Le opportunità derivanti da questo nuovo assetto normativo permettono di intravedere un quadro di sviluppo

Nel dicembre 2019 la Commissione Europea ha approvato il *Green Deal Europeo* che definisce

Energy Communities:
energy and economic
development
laboratories in the
Tortona valleys

Abstract. *Clean Energy for All Europeans, Green Deal and Fit for 55* at European level and the *Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima* have identified essential decarbonisation goals that are achievable by broadening the audience of actors involved and the ability to innovate in terms of the evolution of products/services and production processes. In this sense, decentralised energy production technologies together with Renewable Energy Communities (RECs) and bottom-up initiatives play a strategic role in the establishment of local energy systems. The objective of the paper is to illustrate these dynamisms within the territorial system, and the characteristics of local initiatives and RECs as means of energy transition and economic development.

Keywords: Energy Transition; Local Energy Systems; Community Empowerment; Decarbonisation; Prosumer.

community based del mercato energetico europeo che, rafforzato dal *Clean Energy for all Europeans Package*, introduce i consumatori attivi, in qualità di *prosumer*, in grado di partecipare in maniera consapevole e volontaria al mercato dell'energia. All'interno di questo percorso, infatti, l'accordo mette in atto, attraverso quadri giuridici adeguati, la diffusione di impianti alimentati da fonti energetiche rinnovabili, valorizzando la filiera delle risorse locali, non solo energetiche, ma anche tutte quelle legate alle filiere produttive, fornendo benefici ambientali, economici e sociali a tutta la comunità insediata in un territorio (AIEE, 2021). In particolare le due direttive in esso contenuto EU 2018/2001, meglio conosciuta come RED II, e 2019/944 o IEM presentano un quadro legislativo (Tab.1) in grado di: regolare la partecipazione dei cittadini, introducendo definizioni specifiche per gli schemi di autoconsumo (anche collettivo) e per le comunità dell'energia; governare la mobilitazione del capitale privato; garantire, attraverso protocolli di accettazione, iniziative sperimentali di produzione energetica da fonti rinnovabili a scala locale (Becker *et al.*, 2017). In Italia, il Piano Nazionale Integrato Energia e Clima (PNIEC) traduce a livello nazionale l'esigenza europea di attuare una transizione energetica, fissando obiettivi in un orizzonte decennale, e, nel 2020, con l'obiettivo di introdurre a livello sperimentale i modelli delineati dalle due direttive europee, è stato attivato un percorso di recepimento parziale, anticipato dalla direttiva RED II, trasformandola in legislazione e ne sono stati definiti i meccanismi di incentivazione e di regolazione tariffaria per le

Introduction and research background

In December 2019, the EC approved the *European Green Deal*, which defines a set of measures in responding to the challenges imposed by current climate and social change. They are reified in growth strategies to build a fairer, healthier and more sustainable future for future generations that is resource efficient and economically competitive, with the perspective of making the continent climate neutral by 2050 (IEA, 2021). Among the initiatives included in the plan, in particular, the *Fit for 55* package aims to translate legislation into concrete proposals, revising the climate, energy and transport legislative framework, and aligning the EU with climate targets of reducing net greenhouse gas emissions by at least 55 percent by 2030, compared to 1990 levels (EC, 2018). The

opportunities arising from this new regulatory framework allow to glimpse a framework for *community-based* development of the European energy market that, reinforced by the *Clean Energy for all Europeans Package*, introduces active consumers, as *prosumers*, able to participate consciously and voluntarily in the energy market. Within this path, in fact, the agreement puts in place, through appropriate legal frameworks, the deployment of plants powered by renewable energy sources, enhancing the local resource chain, not only the one concerning energy, but also all those related to production chains, providing environmental, economic and social benefits to the entire community settled in a territory (AIEE, 2021). In particular, the two directives contained in it, precisely EU 2018/2001, better known as RED II, and 2019/944 or IEM, present

Tab.01 | Recepimento delle direttive rinnovabili (RED II) e mercato (IEM): Comunità Energetica Rinnovabile (CER) e Comunità Energetica dei Cittadini (CEC). Fonte dei dati: *Le Comunità Energetiche in Italia*, Ricerca Sistema Energetico (RSE)
Transposition of renewable (RED II) and market (IEM) directives: Renewable Energy Community (REC) and Citizens' Energy Community (CEC). Data Source: Le Comunità Energetiche in Italia, Ricerca Sistema Energetico (RSE)

Tab.01 |

Topics	RED II (Dlgs 199/2021)	IEM (Dlgs 210/2021)
Participation and control	The REC is a subject of autonomous law. The exercise of supervisory powers is exercised by individuals, small and medium-sized enterprises, territorial entities and local governments, research and training, third sector and environmental protection entities.	The CEC is a legal subject, with or without legal status, founded on the voluntary participation of individuals, local governments, research and training organizations, the third sector and environmental protection.
Targets	The REC aims to provide community-based environmental, economic, or social benefits to its members or the local areas in which the community operates, not to make financial profits.	The CEC's main purpose is to provide environmental, economic or social benefits to its members or the area in which it operates, rather than to pursue financial profits.
Fields of activity	The REC may produce other forms of energy from renewable sources for the use of members and may promote energy efficiency interventions.	The CEC can participate in energy generation, distribution, supply, consumption and storage, energy efficiency services.

comunità dell'energia rinnovabile, così come gli schemi di autoconsumo collettivo. Operazione che ha permesso di sperimentare le prime Comunità Energetiche Rinnovabili (CER) italiane, con alcuni limiti dettati da una serie di vincoli legati alla potenza massima installabile e alla prossimità degli impianti rispetto ai punti di prelievo detenuti dai consumatori.

Le Comunità Energetiche Rinnovabili in Italia

Le opportunità derivanti dall'evoluzione normativa e tecnologica in atto consentono a cittadini, piccole e medie imprese (PMI) ed enti pubblici di ridefinire il loro ruolo nel settore energetico. Alla luce di queste dinamiche, le CER – insieme di clienti finali che localmente si aggregano attraverso una forma giuridica da concordare per generare benefici economici, ambientali e sociali derivanti *in primis* dalla condivisione dell'energia elettrica prodotta da impianti a fonte rinnovabile a loro disposizione – si presentano come forme energetiche innovative, basate su un sistema decentrato di scambio a livello locale (ENEA, 2021). Tale soluzione consente alle comunità di massimizzare i propri consumi, diminuire i

costi di trasporto e gli oneri di sistema, non sovraccaricare la rete elettrica nazionale e ridurre le dispersioni per il trasporto di energia negli elettrodotti (ARERA, 2020). In Italia, l'introduzione di questo modello organizzativo energetico è stata formalmente avviata con la Legge n.8/2020, che recepisce la Direttiva Europea RED II (2018/2001/UE). Ad oggi, le CER attive¹ sono di carattere sperimentale, di taglia media e flessibili secondo soggetti coinvolti e configurazione (Talli *et al.*, 2023). Tali sperimentazioni in ambito nazionale hanno messo in luce col tempo elementi di criticità, dimostrando anche che la complessità e la mutevolezza del quadro normativo di riferimento influisce sulla diffusione su larga scala (RSE and Luiss Business School, 2021).

Da normativa, le CER sono definite come soggetto giuridico basato sulla volontaria adesione, dove i soggetti membri collaborano con l'obiettivo di produrre, consumare e gestire l'energia derivante da un impianto di produzione da fonti rinnovabili. I rapporti di condivisione tra i soggetti coinvolti, pubblici e/o privati, sono regolati per mezzo di un contratto di diritto privato e nello specifico, ogni soggetto, dotato di un proprio impianto

a legislative framework (Tab.1) that can: regulate citizen participation by introducing specific definitions for self-consumption schemes (including collective) and energy communities; govern the mobilisation of private capital; and ensure, through acceptance protocols, experimental renewable energy production initiatives at the local scale (Becker *et al.*, 2017). In Italy, the *Piano Nazionale Integrato Energia e Clima* (PNIEC) translates at the national level the European need to implement an energy transition, setting targets over a 10-year horizon. In 2020, with the aim of introducing at the experimental level the models outlined by the two European directives, a partial transposition path was activated, anticipated by the RED II directive, transforming it into legislation and defining its incentive and tariff regulation mechanisms for Renewable Energy

Communities, as well as collective self-consumption schemes. The operation allowed to experiment the first Italian Renewable Energy Communities (REC), with some limits determined by a series of constraints related to the maximum power that can be installed and the proximity of the systems to the pick-up points held by consumers.

Renewable Energy Communities in Italy

Opportunities derived from the ongoing regulatory and technological developments enable citizens, small and medium-sized enterprises (SMEs) and public entities to redefine their role in the energy sector. In light of these dynamics, RECs – a set of final customers that locally aggregate through a legal form to be agreed upon in order to generate economic, environmental and social benefits arising primarily

from sharing the electricity produced by renewable source plants at their disposal – are presented as innovative forms of energy, based on a decentralised system of exchange at the local level (ENEA, 2021). This solution allows communities to maximise their consumption, decrease transportation costs and system charges, not overload the national power grid, and reduce energy transport losses in power lines (ARERA, 2020). In Italy, the introduction of this organisational model for energy was formally initiated with Law no. 8/2020, which transposes the European RED II Directive (2018/2001/EU). To date, active RECs¹ are experimental, medium-sized and flexible according to stakeholders and configuration (Talli *et al.*, 2023). These experiments in the national context have revealed critical elements over time, also showing that the complexity and

changeability of the regulatory reference framework affects large-scale diffusion (RSE and Luiss Business School, 2021).

From legislation, RECs are defined as a legal entity based on voluntary membership, where member entities cooperate with the aim of producing, consuming and managing energy, resulting from a renewable energy production system. The sharing-based relationships between the entities involved, public and/or private, are regulated by means of a private law contract and, specifically, each entity, equipped with its own renewable energy production system for self-consumption, the *prosumer*, sells its excess energy to the other entities belonging to the REC, including those who do not own a plant, the *consumer*, through the infrastructure that connects them (Barrocco *et al.*, 2020) (Fig. 1).

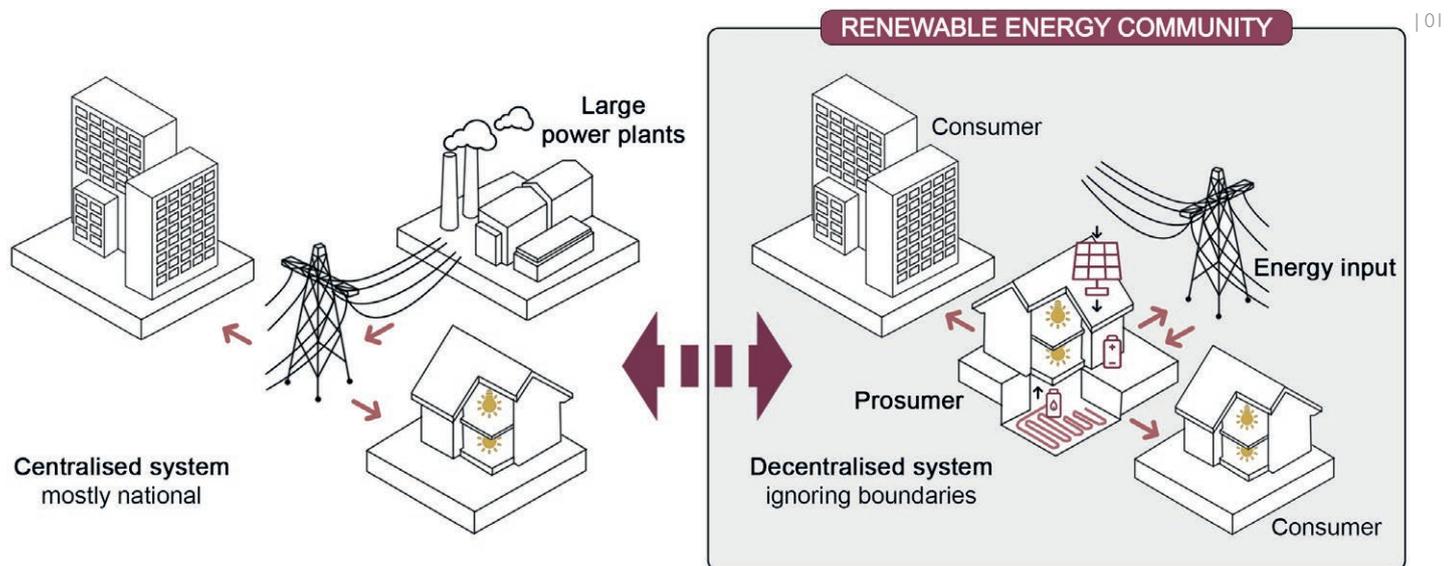
di produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili per l'autoconsumo, il *prosumer*, cede la parte di energia in eccesso agli altri soggetti appartenenti alla CER, includendo anche coloro che non sono in possesso di un impianto, il *consumer*, mediante l'infrastruttura che li collega (Barrocco *et al.*, 2020) (Fig. 1).

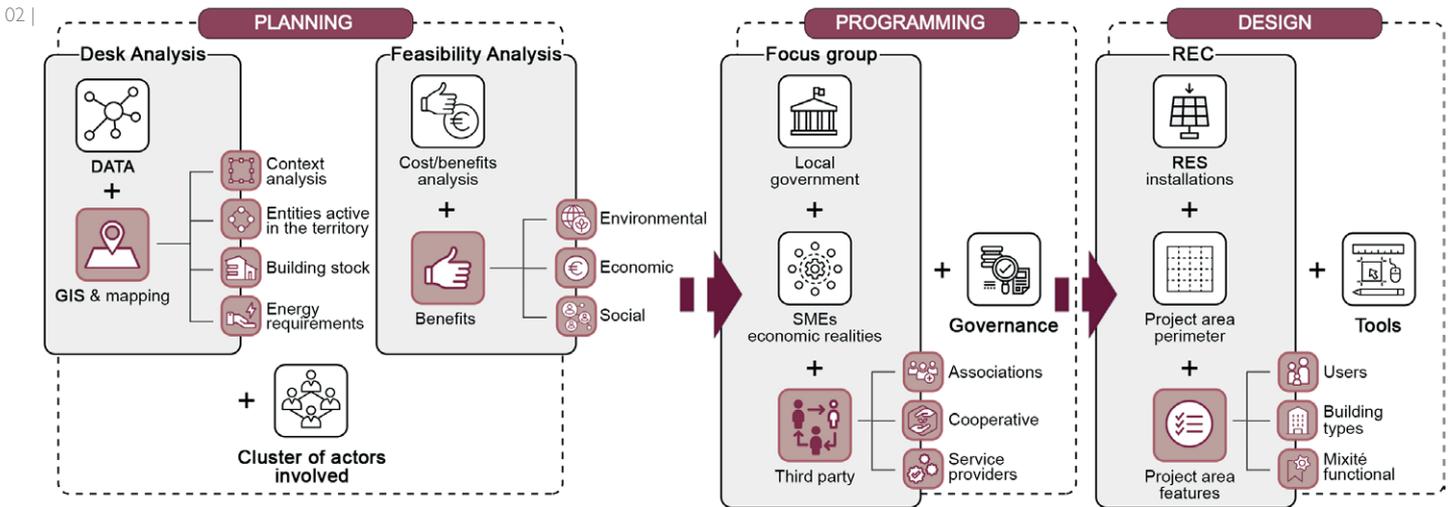
A partire dal D. Lgs. 199/2021, viene superato il precedente limite dimensionale – immissione e prelievo di energia dalla cabina secondaria di media/bassa tensione – previsto per le Comunità Energetiche Rinnovabili, introducendo impianti di potenza complessiva non superiore a 1MW, connessi alla rete elettrica attraverso la stessa cabina primaria. Inoltre, viene consentito l'utilizzo di impianti FER già esistenti per un massimo del 30% di potenza complessiva, estendendo quindi la platea di possibili attori da coinvolgere. Questa estensione del perimetro delle CER, ovvero il passaggio dalla cabina secondaria alla cabina primaria, consente il superamento di un perimetro infra-comunale, raggiungendo la dimensione sovracomunale e quindi proietta tutto il processo in una dimensione di rete territoriale, dove la produzione di energia così diffusa sul territorio costituisce il pretesto affinché si crei senso di comunità e coesione sociale, e permette una presa di consapevolezza estesa e comunicata sui temi del risparmio energetico, produzione e condivisione di energia da fonte rinnovabile (JRC – European Commission, 2020). Infine, la produzione energetica decentrata prevede per sua natura la costruzione di una messa in rete tangibile e intangibile tra gli abitanti, che si traduce in una potenziale generazione di innovativi modelli socioeconomici circolari e riduzione di dipendenza energetica dal sistema elettrico nazionale (Billi and Tricarico, 2021).

Sperimentazione progettuale nelle valli del tortonese

L'articolo illustra la metodologia adottata per costruire, attraverso attività di ricerca sperimentale sul territorio, una CER che si contraddistingue per un approccio di ricerca prevalentemente "olistico" e "multidisciplinare" che mette in campo, oltre che l'architettura, la tecnologia e la pianificazione, le scienze ingegneristiche dall'ingegneria energetica a quella elettronica, quelle scienze sociali, dalla sociologia, all'antropologia, alla geografia umana.

Il caso studio proposto, collocato nel territorio delle valli del tortonese in Piemonte, con un focus particolare sulla città di Tortona, costituisce un modello paradigmatico che al suo interno è in grado di sintetizzare i parametri e gli indicatori quali-quantitativi di un approccio scientifico e culturale finalizzato alla comprensione dettagliata di criticità e potenzialità del contesto, del patrimonio e degli attori che lo compongono, dei meccanismi e delle interazioni sociali soggiacenti, col fine ultimo di sviluppare un processo metodologico replicabile in contesti territoriali geograficamente marginali con caratteristiche simili (aree rurali interne), e con lo scopo di fornire *tool* utili e concreti dedicati agli operatori del settore – professionisti e enti pubblici – finalizzati alla realizzazione di CER. Il progetto è inquadrato nella più ampia ricerca, condotta all'interno del dipartimento di afferenza degli autori, volta alla definizione di strategie finalizzate alla rigenerazione del Basso Piemonte. La metodologia di ricerca è stata articolata su tre fasi: *Pianificazione, Programmazione e Governance e Progettazione* (Fig. 2).





Fase 1 Pianificazione

Questa prima fase di ricerca è stata condotta attraverso una *desk analysis* con intenti di ricognizione conoscitiva e di studio attento del territorio addentrando le analisi nella specificità del luogo con l'obiettivo di mappare e catalogare in maniera ragionata i dati antropici, biofisici, energetici, sociali e culturali, finalizzati ad uno sviluppo di un'analisi costi/benefici (analisi preliminare di fattibilità), all'individuazione dei benefici ambientali, economici e sociali attesi dalla comunità, definizione dell'assetto giuridico, identificazione dei cluster degli attori da coinvolgere e descrizione dei singoli ruoli all'interno delle CER. In questo quadro logico sono stati raccolti e mappati attraverso GIS (*Geographic Information System*) dati di:

- contesto socioeconomico e demografico finalizzati all'identificazione delle caratteristiche distintive della comunità, attraverso lo studio dei dati statici, provenienti da fonti come ISTAT, banche dati e amministrazioni locali, sommi-

nistrazione di questionari e all'individuazione delle prime macroaree di interesse, successivamente esplorate in dettaglio in fase di progettazione;

- macrosistemi ambientali (Fig. 3), storico-insediativi, servizi e mobilità (Fig. 4), finalizzati ad avere una visione integrata e comprendere le peculiarità del contesto in cui l'iniziativa si inserisce;
- realtà attive sul territorio come associazioni, cooperative, imprese economiche e sociali, attori delle reti di condivisione che rappresentano i presidi attivi e di rafforzamento della collettività;
- esigenze energetiche e consumi degli utenti interessati, finalizzati alla definizione di un modello energetico basato su fonti energetiche rinnovabili gestite attraverso sistemi digitali di intelligenza artificiale (IA), e alla messa a punto di modelli di *sharing economy*;
- patrimonio edilizio pubblico e privato presente nell'area

As of Legislative Decree 199/2021, the previous size limit – input and output of energy from the secondary medium/low-voltage substation – provided for Renewable Energy Communities is exceeded, introducing plants with a total capacity not exceeding 1MW, connected to the electricity grid through the same primary substation. In addition, the use of existing RES plants is allowed for a maximum of 30 percent of total power, thus extending the range of possible actors to be involved. This extension of the perimeter of the RECs, i.e., the shift from the secondary cabin to the primary cabin, allows to overcome an infra-municipal perimeter, reaching the supra-municipal dimension and thus projecting the whole process into a territorial network dimension, where the energy production thus covering the territory is the pretext to create a sense of community

and social cohesion. It allows for extended and communicated awareness of the issues of energy saving, production and sharing of energy from renewable sources (JRC – European Commission, 2020). Finally, decentralised energy production inherently involves the construction of tangible and intangible networking among inhabitants, which results in the potential generation of innovative circular socioeconomic models and reduction of energy dependence on the national electricity system (Billi and Tricarico, 2021).

Design experimentation in the Tortona valleys

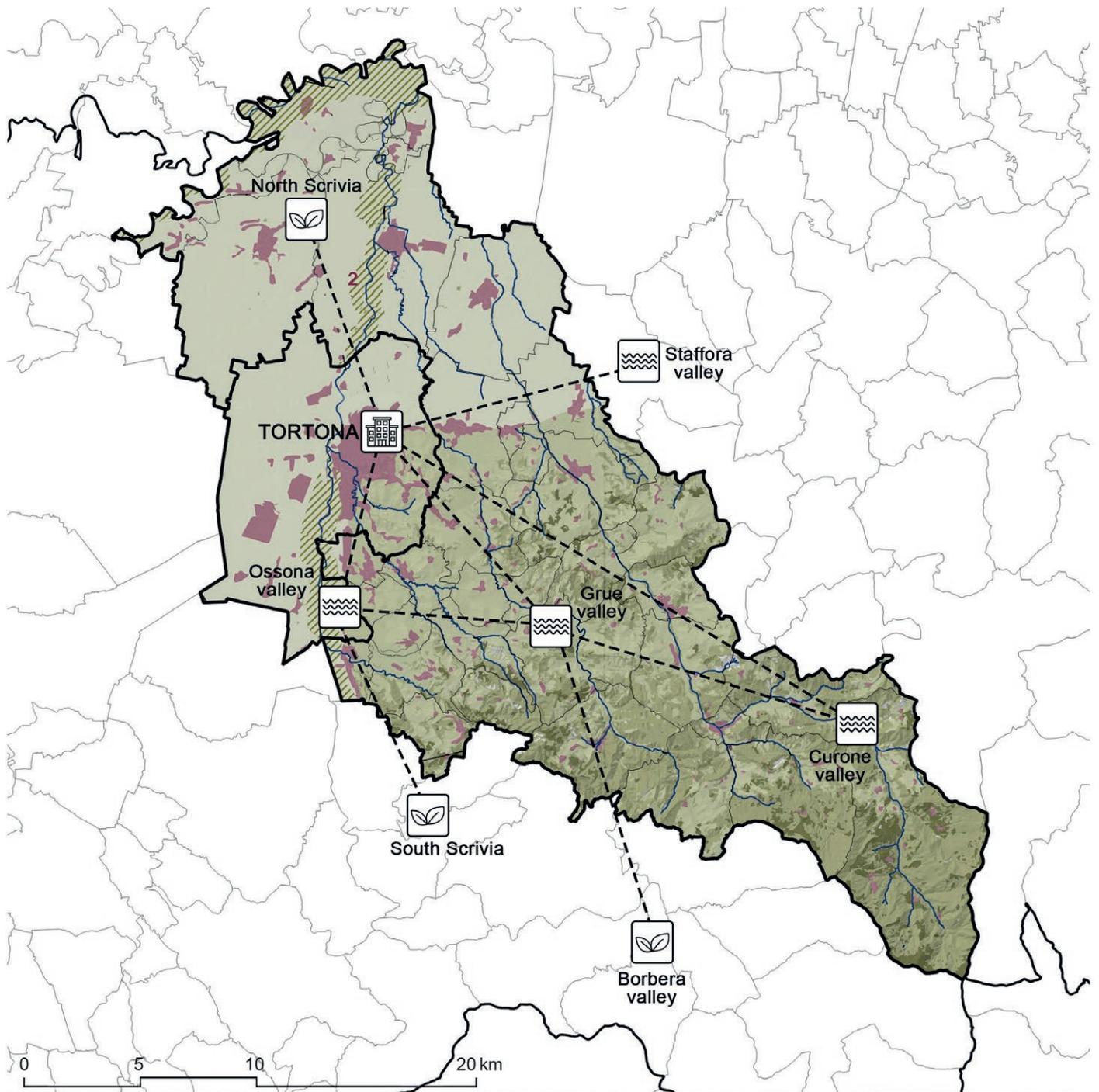
The aim of this article is to illustrate the methodology adopted to build, through experimental research activities on the territory, a REC that is characterised by a predominantly “ho-

listic” and “multidisciplinary” research approach, which brings into play, in addition to architecture, technology and planning, engineering sciences from energy engineering to electronics, and social sciences, from sociology, anthropology, and human geography. The proposed case study is located in the territory of the Tortona valleys in Piedmont, with particular focus on the city of Tortona. It is intended to be a paradigmatic case study that, at its core, is able to summarise the parameters and qualitative-quantitative indicators of a scientific and cultural approach designed to understand in detail both criticalities and potential of the context, heritage and actors that compose it, of mechanisms and underlying social interactions. The final purpose is to develop a methodological process that can be replicated in geographically marginal territorial

contexts with similar characteristics (inner rural areas), and with the purpose of providing useful and concrete *tools* dedicated to operators in the field – professionals and public entities – aimed at the implementation of REC. The project is part of the larger research, conducted within the authors' department of affiliation, focused on defining strategies aimed at the regeneration of Lower Piedmont. The research methodology consisted of three phases: *Planning*, *Programming*, *Governance* and *Design* (Fig. 2).

Phase 1 Planning

This first phase of research was conducted through a *desk analysis* as a cognitive reconnaissance and careful study of the area by deepening the analysis into site specificity with the aim of mapping and cataloguing, in a reasoned manner, anthropic, biophys-



ENVIRONMENTAL SYSTEM

Natural types

- Pasture land
- Woodland and meadows
- Glaciers e screes
- Protected natural areas
- Cultivated areas of the plain
- Cultivated areas of hill or mountain

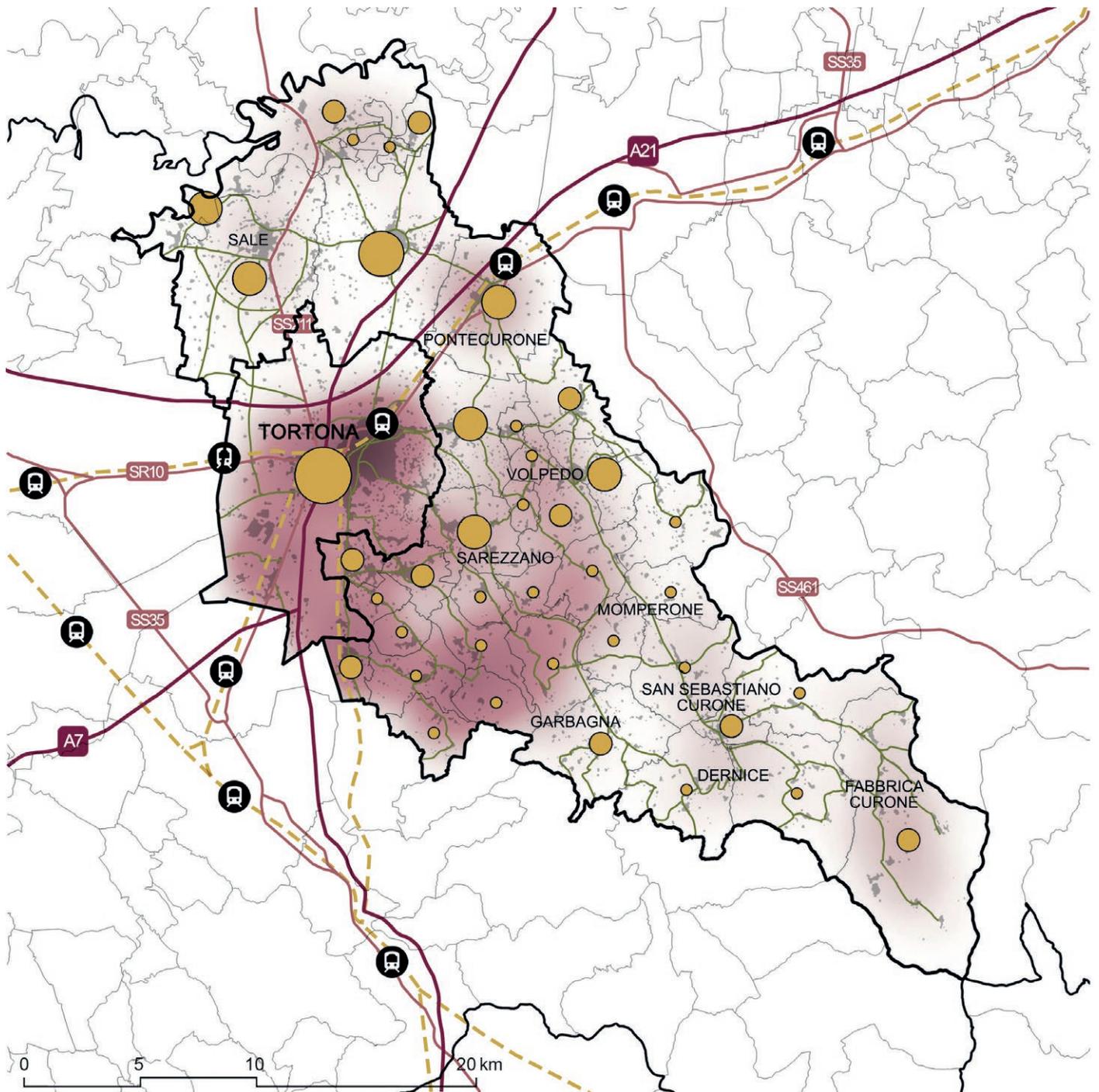
Hydrographic network

- Main rivers

Settlement morphology

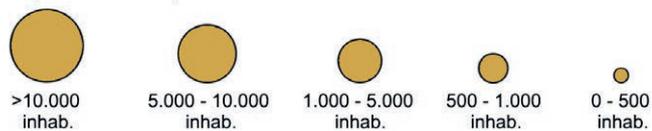
- Urban fabric

04 |



SETTLEMENT SYSTEM

Population density



Density of the built



MOBILITY SYSTEM

Infrastructure



del caso studio, finalizzati alla quantificazione delle superfici suscettive di implementazioni di dispositivi di produzione di energia da fonti rinnovabili.

In questa fase sono stati inoltre individuati i primi cluster di attori interessati.

Fase 2 Programmazione e Governance

In questa seconda fase sono stati analizzati i processi di formalizzazione ed *engagement* delle comunità locali (Lennon *et al.*, 2023), secondo modelli di tipo *top down* e *bottom up*, specializzando la metodologia di ricerca su aspetti e parametri di tipo qualitativo.

La scelta del primo strumento di ricerca qualitativa, utilizzato per le attività di approfondimento analitico, è ricaduta sull'uso dei *focus group*, infatti, identificati i *cluster* degli attori da coinvolgere e i rispettivi ruoli, sono stati attivati momenti di progettazione partecipata e, attraverso la tecnica di *focus group*, che ha previsto l'invito di gruppi di persone, si è attuata una discussione di carattere aperto e interattivo attorno al tema della Comunità Energetica, finalizzata alla definizione di un modello di produzione e distribuzione dell'energia e all'elaborazione del progetto di fattibilità economica.

Il gruppo di ricerca ha organizzato nel corso dello svolgimento della ricerca tre distinti *focus group*, suddivisi in diverse categorie di stakeholders:

- Un primo *focus group*, finalizzato a interagire con figure provenienti dalle amministrazioni pubbliche, in cui il *team* universitario ha fatto da regia tra gli accordi di messa a rete tra gli amministratori locali dei Comuni delle valli

cal, energy, social and cultural data to develop a cost-benefit analysis (preliminary feasibility analysis), identify the environmental, economic and social benefits expected by the community, define the legal framework, identify the clusters of actors to be involved, and describe individual roles within the RECs.

Within this logical framework, data were collected and mapped through GIS (Geographic Information System) from:

- socio-economic and demographic context aimed at identifying the distinctive characteristics of the community by studying static data from sources such as ISTAT, databases and local government, administration of questionnaires and the identification of initial macro-areas of interest, later explored in detail in the design phase;
- environmental (Fig. 3), historical-

settlement, services and mobility (Fig. 4) macrosystems, aimed at having an integrated view and understanding the peculiarities of the context in which the initiative fits;

- active realities in the area such as associations, cooperatives, economic and social enterprises, actors in the sharing networks that represent active presidiums, which strengthen the community;
- energy needs and consumption of relevant users, aimed at defining an energy model based on renewable energy sources managed through artificial intelligence (AI) digital systems, and at developing *sharing economy* models;
- public and private building stock in the case study area, aimed at quantifying the areas susceptible to implementation of renewable energy production devices.

del tortonese al fine di costituire una CER territoriale individuando le risorse economiche e definendo il modello organizzativo-giuridico, il piano economico finanziario, le regole di riparto dei proventi, le azioni di comunicazione e promozione sul territorio;

- Un secondo *focus group*, dedicato al confronto tra attori privati, PMI e realtà presenti nel territorio e associazioni dal mondo imprenditoriale quali possibili aggregatori economici, in grado di evidenziare opportunità e criticità del progetto e assegnare risorse economiche per le successive fasi di programmazione-progettazione;
- Un terzo *focus group*, focalizzato sull'associazionismo e sulle cooperative, terze parti atte a garantire il coinvolgimento attivo degli abitanti, e i fornitori di servizi per l'installazione e la manutenzione degli impianti FER e per la gestione e il monitoraggio della comunità (Nielesen *et al.*, 2018). È stato così possibile definire un modello organizzativo identificando attori e ruoli – *prosumer*, *consumer* o produttore esterno – all'interno e all'esterno delle CER, effettuando la verifica che i soggetti interessati insistessero sulla stessa cabina primaria di trasformazione dell'energia elettrica², come previsto da normativa.

Il confronto con diverse categorie di *stakeholder* (Fig. 5) ha permesso di raccogliere punti di vista preziosi per le successive attività di strutturazione di una *governance* locale a responsabilità diretta, basata su un insieme di principi, regole e procedure condivise tra i partecipanti ai diversi *focus group* e che riguardano il governo e la gestione della comunità attraverso l'autogestione e la condivisione di dati e risorse, la gestione amministrativa dei

At this phase, the first clusters of stakeholders were also identified.

Phase 2 Programming and Governance

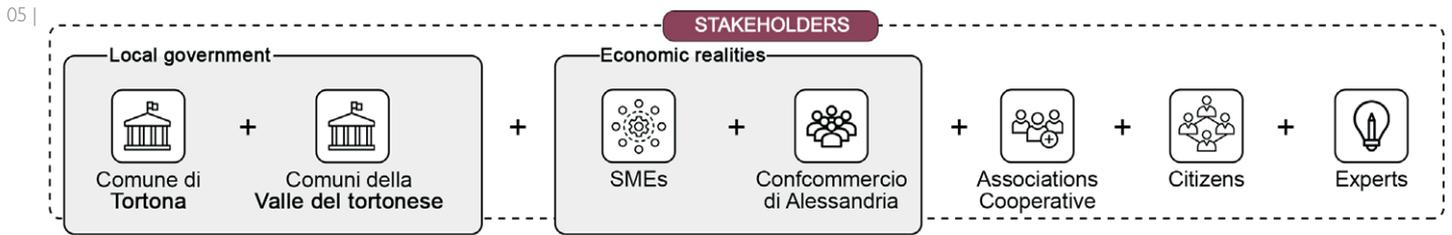
This second phase analysed the processes of formalisation and *engagement* of local communities (Lennon *et al.*, 2023) according to *top down* and *bottom up* models, refining the research methodology on qualitative aspects and parameters.

The choice of the first qualitative research tool, used for in-depth analytical activities, fell on the use of *focus groups*. In fact, after identifying the *clusters* of actors to be involved and their respective roles, moments of participatory planning were activated, and through the technique of *focus groups*, which involved inviting groups of people, there was an open and interactive discussion around the theme of the Energy Community to define an

energy production and distribution model, and develop the economic feasibility project.

The group organised three separate *focus groups* during the research, divided into different categories of stakeholders:

- A first *focus group* aimed at interacting with figures from public administrations in which the university team guided the networking agreements between local administrators of the municipalities of the Tortona valleys in order to establish a territorial REC identifying the economic resources and defining the organisational-legal model, the financial-economic plan, the rules of revenue sharing, communication and promotion actions in the area;
- A second *focus group* was dedicated to comparing private actors, SMEs and organisations present in the area and associations from the busi-



soggetti partecipanti, quella finanziaria con definizione delle regole interne di riparto dei proventi, quella tecnica per la progettazione e manutenzione degli impianti e quella energetica³.

Fase 3 Progettazione

In questa fase la ricerca ha assunto un carattere operativo attraverso la perimetrazione dell'area di intervento con l'intento chiaro di identificare la CER, oggetto di sperimentazione, in un'area a nord della città di Tortona, al di fuori del centro storico. Un'area caratterizzata da: utenti di diverse fasce d'età e condizioni socioeconomiche; un'architettura contraddistinta da diverse tipologie edilizie con superfici suscettive per l'installazione di impianti fotovoltaici; *mixité* funzionale, rappresentato da numerosi edifici di edilizia residenziale pubblica e privata, plessi scolastici di competenza comunale, grandi complessi produttivi e commerciali, e superfici pubbliche destinate a parcheggio.

Il progetto proposto prevede la produzione totale di 2225 kW di nuova potenza generata da 10475 pannelli fotovoltaici a servizio di 741 famiglie, attraverso la realizzazione di un impianto fotovoltaico di 160 kW al di sopra della copertura di un centro commerciale e altri impianti sulle superfici dei restanti edifici interessati, si aggiunge a questi anche un impianto geotermico per il riscaldamento, il raffrescamento e la produzione di acqua calda sanitaria (Fig. 6). Gli utili derivanti dai meccanismi incentivanti saranno messi a disposizione della collettività e per-

metteranno la costruzione di servizi integrativi di densificazione urbana e la realizzazione degli interventi di riqualificazione degli spazi pubblici all'aperto previsti dal progetto.

Sono state predisposte anche piattaforme per l'analisi dei flussi energetici (produzione, stoccaggio e consumo), utili a garantire la flessibilità dell'energia all'interno delle comunità e consentire ai membri di monitorare i propri consumi e produzione.

Risultati e possibili sviluppi futuri

La domanda energetica e i flussi derivanti da fonti di produzione di energia hanno sempre caratterizzato l'ambiente costruito nella sua evoluzione storica, richiedendo sempre di più nuove soluzioni progettuali e tecnologiche innovative. Ciascuna fase di crisi energetica implica un cambiamento sociale ed economico, una modificazione dell'organizzazione territoriale, oltre che aprire prospettive di ricerca su nuove modalità di produzione. Nel contesto attuale, lo sviluppo tecnologico per la produzione e la distribuzione di energia è visibilmente orientato alla ricerca di efficienza a livello locale e, con l'introduzione di tale parametro a base del progetto, lo spazio acquisisce caratteri e dinamiche sempre più complessi, in conseguenza alle relazioni esistenti tra le parti.

Il concetto di Comunità Energetiche Rinnovabili consente di ribaltare il pensiero comune relativo alla progettazione e alla responsabilità in materia energetica, attivando meccanismi partecipativi e considerando la capacità delle risorse locali di

La domanda energetica e i flussi derivanti da fonti di produzione di energia hanno sempre ca-

terizzato l'ambiente costruito nella sua evoluzione storica, richiedendo sempre di più nuove soluzioni progettuali e tecnologiche innovative. Ciascuna fase di crisi energetica implica un cambiamento sociale ed economico, una modificazione dell'organizzazione territoriale, oltre che aprire prospettive di ricerca su nuove modalità di produzione. Nel contesto attuale, lo sviluppo tecnologico per la produzione e la distribuzione di energia è visibilmente orientato alla ricerca di efficienza a livello locale e, con l'introduzione di tale parametro a base del progetto, lo spazio acquisisce caratteri e dinamiche sempre più complessi, in conseguenza alle relazioni esistenti tra le parti.

Il concetto di Comunità Energetiche Rinnovabili consente di ribaltare il pensiero comune relativo alla progettazione e alla responsabilità in materia energetica, attivando meccanismi partecipativi e considerando la capacità delle risorse locali di

ness world as possible economic aggregators that could highlight opportunities and criticalities of the project and allocate economic resources for the subsequent programming-planning phases;

- A third *focus group* studied associations, cooperatives and third parties to ensure the active involvement of residents and service providers for the installation and maintenance of RES systems, and for management and monitoring of the community (Nielesen *et al.*, 2018). It was thus possible to define an organisational model by identifying actors and roles – *prosumer*, *consumer* or external producer – both inside and outside the RECs, also verifying that the stakeholders insisted on the same primary electricity transformation², as required by regulations.

The comparison with different categories of *stakeholders* (Fig. 5) allowed to collect valuable points of view for the subsequent activities of structuring a directly accountable local *governance*, based on a set of principles, rules and procedures shared among participants in the different *focus groups*. They cover community governance and management through self-management, shared data and resources, administrative management of the participating entities, financial management with definition of internal rules for the allocation of income, and technical design and maintenance of systems and energy³.

Phase 3 Design

At this point the research assumed an operational character through the perimeter of the intervention area with the clear intention of identifying the

REC, the object of experimentation, in an area north of the city of Tortona, outside the historic city centre. An area characterised by: users of different age groups and socio-economic conditions; an architecture distinguished by different building types with surfaces susceptible to the installation of photovoltaic systems; functional *mixité*, represented by numerous public and private residential buildings, school buildings under municipal jurisdiction, large production and commercial complexes, and public areas used for parking.

The proposed project involves total production of 2225 kW of new power generated by 10475 photovoltaic panels to serve 741 households through the installation of a 160 kW photovoltaic plant above the roof of a shopping centre, and other systems on the surfaces of the remaining buildings

affected, besides a geothermal system for heating, cooling and domestic hot water production (Fig. 6). Profits from the incentive mechanisms will be made available to the community. They will enable the construction of integrative urban densification services, and implementation of the redevelopment of public open spaces envisioned by the project.

Platforms for the analysis of energy flows (production, storage, and consumption) have also been set up, which are useful for ensuring energy flexibility within communities, and for enabling members to monitor their consumption and production.

Results and possible future developments

Energy demand and flows from energy production sources have always characterised the built environment's

mobilitare ulteriori risorse. Per lo sviluppo di tali iniziative, la prossimità territoriale assume il ruolo di elemento cardine – secondo un approccio *place-based* – consentendo alle CER di innescare potenziali meccanismi di:

- *rigenerazione territoriale*, processo favorito dall'introduzione di servizi ad alto valore tecnologico-sociale e da un

efficace intreccio tra energia e innovazione digitale, coerentemente agli obiettivi del PNRR, a livello nazionale, e del *Next Generation EU*, a livello europeo;

- *sviluppo territoriale*, attraverso la messa a sistema di più CER, che superando la dimensione della singola unità, consente uno scambio di beni e conoscenze maggiore e a van-



taggio di tutti i cittadini, innescando un senso di fiducia e un'azione di collaborazione tra le parti, ampliando notevolmente la platea di attori coinvolti;

- *empowerment sociale*, mediante l'attivazione di processi di coinvolgimento dei diversi attori del sistema energetico e in particolare di quelli esclusi nell'attuale modello di produzione, trasformando i cittadini da passivi consumatori ad attivi e informati produttori all'interno delle dinamiche del mercato energetico. Risultato tangibile, oltre al rafforzamento del ruolo attivo di cittadino, è la crescita di consapevolezza e di competenza in tema energetico ambientale, e l'incremento della coesione sociale;
- *welfare*, il concetto di energia intesa come bene comune e accessibile a tutti focalizza l'attenzione su fasce vulnerabili e gruppi socialmente e/o geograficamente marginali. Le CER, in virtù degli effetti di riduzione del conto energetico e di redistribuzione dei benefici economici derivanti dagli incentivi, costituiscono potenti strumenti di mitigazione della povertà energetica.

Nel caso di comuni geograficamente marginali, infatti, le CER diventano strumento di gestione e cura del territorio, rafforzando la componente economica, politica, sociale e culturale favorendo lo sviluppo di territori policentrici a rete, attorno alla quale organizzare produzione e consumo di energia a livello territoriale. In questa architettura di rete, l'energia rinnovabile viene riletta come mezzo per dotare, in chiave sostenibile, il territorio di nuovi contenuti trasformativi esemplari e generare un insieme di elementi visibili/morfologici e invisibili/relazionali espressione del concetto *territorialità*.

historical evolution, increasingly requiring new innovative design and technological solutions. Each energy crisis phase implies social and economic change, a modification of spatial organisation, as well as opening up research perspectives on new modes of production. In the current context, technological development for energy production and distribution is visibly oriented toward the search for efficiency at the local level. Moreover, with the introduction of this parameter as the basis of design, space acquires increasingly complex characters and dynamics as a result of the existing relationships between the parties.

The concept of Renewable Energy Communities allows for the reversal of common thinking related to energy planning and responsibility, activating participatory mechanisms and considering the capacity of local resources to

mobilise additional resources. For the development of such initiatives, territorial proximity assumes the role of a key element – according to a *place-based* approach – allowing RECs to trigger potential mechanisms of:

- *territorial regeneration*, a process fostered by the introduction of services with a high technological-social value and effectively interwoven energy and digital innovation, consistent with the objectives of the *PNRR*, at the national level, and the *Next Generation EU*, at the European level;
- *territorial development*, by setting up of multiple RECs, which, by overcoming the size of the single unit, allows for a greater exchange of goods and knowledge, and benefits all citizens, triggering a sense of trust and collaborative action between the parties, considerably

In questa prospettiva, il ruolo che la Progettazione Tecnologica Ambientale assume non si limita ai soli aspetti formali, ma tiene conto anche delle possibili ricadute immateriali del progetto, soprattutto in connessione alle sfide dettate dai cambiamenti climatici, perseguendo principi di trasformazione ambientalmente sostenibile, alla base degli attuali modelli di *governance* del territorio.

Il recepimento delle direttive europee e l'esigenza di rispettare i vincoli contenuti, soprattutto in termini temporali, fanno della cultura tecnologica della progettazione una parte attiva nelle sfide ambientali-energetiche, economiche, digitali e sociali da affrontare attraverso approcci multidisciplinari e interscalari. Al contempo forti limiti di natura giuridica, che necessitano di soluzioni di tipo politico nazionale, al momento impediscono alla figura dell'architetto tecnologo di assumere a pieno il ruolo di regia nel progetto di costituzione delle CER e guidarne lo sviluppo in tutte le sue fasi. Un percorso di continuo aggiornamento di obiettivi e strumenti, che pur appartenendo ad una metodologia consolidata, vanno di volta in volta adattati al contesto di riferimento e registrati sulle necessità contingenti, al fine di restituire risultati pragmatici, oggettivi e misurabili e anticipare l'evoluzione del contesto stesso.

NOTE

¹ Le CER attualmente operative in Italia sono 35, 41 in progetto e 24 in fase di costituzione, per un totale di 100 *Energy Community* (Legambiente, 2022).

² Tale operazione di verifica è necessaria al fine di individuare quanti più possibili soggetti da aggregare, circoscritti nella stessa area convenzionale, afferente alla cabina primaria, e futuri beneficiari della tariffa incentivante.

expanding the range of actors involved;

- *social empowerment*, by activating processes of involvement of the different actors in the energy system and, in particular, those excluded in the current production model, transforming citizens from passive consumers to active and informed producers within the dynamics of the energy market. A tangible result, in addition to strengthening the active role of citizens, is the growth of awareness and competence in environmental energy issues, and the increase of social cohesion;
- *welfare*, the concept of energy as a common asset accessible to all focuses attention on vulnerable and socially and/or geographically marginalised groups. RECs, by virtue of their effects of reducing the energy bill and redistributing economic

benefits from incentives, are powerful tools for mitigating energy poverty.

In fact, in the case of geographically marginal municipalities, RECs become a tool for territorial management and care, strengthening the economic, political, social and cultural component by supporting the development of polycentric networked territories around which to organise energy production and consumption at the territorial level. In this network architecture, renewable energy is reinterpreted as a means to endow the territory with new exemplary transformative content in a sustainable way, and to generate a set of visible/morphological and invisible/relational elements, which express the concept of *territoriality*.

In this perspective, the role that Environmental Technological Design takes

³ Quest'ultima deve comprendere il monitoraggio su base oraria e l'ottimizzazione dei flussi energetici attraverso l'adeguamento della domanda/offerta di energia, l'installazione di sistemi di accumulo e l'incentivazione di sistemi di *demand side management* (Müller *et al.*, 2015).

REFERENCES

- ARERA (Autorità di Regolazione per Energia Reti e Ambiente) (2020), "Interventi per il perfezionamento della disciplina delle perdite di rete per il triennio 2019-2021", available at: <https://www.arera.it/it/docs/20/209-20.htm> (accessed 01 February 2023).
- AIEE (Associazione Italiana Economisti dell'energia), Federmanager (2021), *Il ruolo delle Comunità energetiche nel processo di transizione verso la decarbonizzazione*, AIEE Federmanager Report, n.4.
- Barroco, F., Cappellaro, F. and Palumbo, C. (2020), "Le comunità energetiche in Italia. Una guida per orientare i cittadini nel nuovo mercato dell'energia", available at: https://www.enea.it/it/seguici/publicazioni/pdf-volumi/2020/guida_comunita-energetiche.pdf (accessed 1 February 2023).
- Becker, S., Kunze, C. and Vancea, M. (2017), "Community energy and social entrepreneurship: Addressing purpose, organisation and embeddedness of renewable energy projects", *Journal of Cleaner Production*, Vol. 147, pp. 25-36.
- Billi, A. and Tricarico, L. (2021), "Come organizzare le comunità energetiche? Un'ipotesi di prospettiva metodologica osservando due casi studio italiani", *Rivista Geografica Italiana*, Vol. 3, pp. 105-137.
- EC (European Commission) (2018), *Final Report of the High-Level Panel of the European Decarbonisation Pathways Initiative*, EU Publishing, Brussels.
- ENECA (2021), "La comunità energetica. Vademecum 2021", available at: <https://www.enea.it/it/seguici/publicazioni/pdf-volumi/2021/opuscolo-comunita-energetica.pdf> (accessed 1 February 2023).
- IEA (International Energy Agency) (2021), *Emissioni Nette pari a Zero entro il 2050. Una Tabella di Marcia per il Settore Energetico Globale*, IEA Publications, Parigi.
- JRC – European Commission (2020), *Social innovations for the energy transition: An overview of concepts and projects contributing to behavioural changes, and increased well-being*, EU Publications, Brussels.
- Legambiente (2022), "Comunità rinnovabili 2022", available at: <https://www.comunirinnovabili.it/wp-content/uploads/2022/05/CR2022-2.pdf> (accessed 1 February 2023).
- Lennon, B., Velasco-Herrejón, P. and Dunphy, N.P. (2023), Operationalizing participation: Key obstacles and drivers to citizen energy community formation in Europe's energy transition, *Science Talks*, Vol. 5, p. 100104.
- Müller, D., Monti, A., Stinner, S., Schlösser, T., Schütz, T., Matthes, P., Wolisz, H., Molitor, C., Harb, H. and Streblov, R. (2015), "Demand side management for city districts", *Building and Environment*, Vol. 91, pp. 283-293.
- Nielesen, B.F., Resch, E. and Andresen, I. (2018), "The role of utility companies in municipal planning of smart energy", *International Journal of Sustainable Development and Planning*, Vol. 13, pp. 695-706
- RSE (Ricerca Sistema Energetico) e Luiss Business School (2021). *Community Energy Map. Una ricognizione delle prime esperienze di comunità energetiche rinnovabili*, FrancoAngeli, Milano.
- Tatti, A., Ferroni, S., Ferrando, M., Motta, M. and Causone, F. (2023). "The Emerging Trends of Renewable Energy Communities", *Sustainability*, Vol.15, n. 8, p. 6792.
- on is not limited to formal aspects alone, but also takes into account the possible intangible spin-offs of the project, especially in connection with the challenges dictated by climate change, pursuing principles of environmentally sustainable transformation, the basis of current models of territorial governance. The application of European directives and the need to comply with the existing constraints laid down therein, especially in terms of time, make the technological culture of design an active part of the environmental and energy, economic, digital and social challenges to be addressed through multidisciplinary and interscalar approaches. At the same time, strong legal limitations, which require national political solutions, currently prevent the figure of the architect technologist from fully assuming the role of director in the project of establishing the RECs and from guiding its development in all its phases. A path of continuous updating of objectives and tools, which, despite belonging to an established methodology, must be adapted from time to time to the reference context and recorded on contingent needs in order to return pragmatic, objective and measurable results, and to anticipate the evolution of the context itself.

NOTES

¹ There are 35 RECs currently operating in Italy, 41 planned and 24 in the process of being established, for a total of 100 Energy Communities (Legambiente, 2022).

² This checking operation is necessary to identify as many possible subjects to be aggregated, confined to the same conventional area, afferent to the primary substation, and future beneficiaries of the incentive tariff.

³ The last must include monitoring energy flows at least on an hourly basis and optimising energy flows by adjusting energy supply/demand, installing storage systems, and incentivising *demand side management* systems (Müller *et al.*, 2015).

L'energia delle aree interne: un approccio sistemico a Taranta Peligna

Just Accepted: April 28, 2023 Published: October 31, 2023

RICERCA E
SPERIMENTAZIONE/
RESEARCH AND
EXPERIMENTATION

Rossana Gaddi, <https://orcid.org/0000-0002-0146-4160>

Luciana Mastrodonardo, <https://orcid.org/0000-0002-0873-3992>

Dipartimento di Architettura, Università G. d'Annunzio Chieti – Pescara, Italia

rossana.gaddi@unich.it

luciana.mastrodonardo@unich.it

Abstract. Se i centri urbani necessitano risposte integrate alla polycrisi odierna, nei territori interni dove minore è la domanda e maggiore l'ettaro pro-capite, la transizione ecologica può innescarsi a livello culturale, ambientale e tecnologico, con un approccio climaticamente positivo che distribuisca l'energia in modo collaborativo-comunitario per rendere l'apporto energetico funzionale ad un nuovo modello di sviluppo a base sociale. A margine di una ricerca accademica sulle aree marginali abruzzesi, un protocollo di intesa con l'amministrazione di Taranta Peligna, comune del Parco Nazionale della Maiella a forte carattere di marginalità, prova a tracciare un percorso di crescita e valorizzazione delle risorse materiali (lana e acqua) e immateriali per reagire ad un costante spopolamento.

Parole chiave: Territori marginali; Comunità energetiche; System Design; Manifattura locale; Valorizzazione del territorio.

Introduzione. Da problema a risorsa: la trasformazione delle aree interne

Un terzo dei cittadini europei vive nelle aree rurali, circa l'80% del territorio dell'Unione che fornisce alla società beni e servizi essenziali. L'aumento

delle disuguaglianze geografiche in tutta Europa dimostra l'esistenza di importanti sfide sempre più pressanti: la composizione demografica, l'aumento della fragilità del quadro sociodemografico dei loro sistemi e l'arretramento delle forme tradizionali di welfare (ospedali, scuole, accessibilità) cui si è aggiunta, con la guerra, una componente di povertà energetica.

Queste sfide presentano una favorevole contingenza rispetto alle nuove opportunità emergenti delle transizioni verde e digitale dell'UE. Le lezioni apprese dalla pandemia di Covid-19, tra cui la crisi del modello urbano, hanno posto questi territori al centro di un importante dibattito pubblico tra responsabili politici, architetti, giornalisti e ricercatori, che ha riservato loro molte attenzioni, percepito solo in parte dalle comunità locali (Magnaghi, 2020).

The energy of internal areas: a systemic approach in Taranta Peligna

Abstract. If urban centres need integrated responses to today's polycrisis, in internal territories where the demand is lower and the per-capita hectare is greater, the ecological transition can be triggered at a cultural, environmental and technological level with a climate-positive approach that distributes energy in a collaborative-community way so that the energy contribution is functional to a new socially-based development model. Alongside academic research on the marginal areas of Abruzzo, a non-binding agreement with the administration of Taranta Peligna, a municipality in the Maiella National Park with strong marginality, attempts to trace a path of growth and value enhancement of both material resources (wool and water) and immaterial ones to react to an ongoing depopulation process.

Keywords: Marginal territories; Energy Communities; System Design; Local manufacturing; Enhancement of the territory.

In Italia, il dibattito sull'abitare le aree interne negli ultimi anni si è sviluppata parallelamente alle sperimentazioni multi-obiettivo delle Nazioni Unite (*UN SDGs goals* n. 9, 11, 12, 17) e multi-governance (*top-down, collaborative e bottom-up*), quali:

- iniziative nazionali sistemiche, che hanno individuato problemi e definito soluzioni, come la *Strategia Nazionale per le Aree Interne* (SNAI, 2013), riconosciuta dall'UE come esperienza positiva da strutturare;
- iniziative nazionali a base culturale come il *Bando Borghi* linea A e B (2022), per azioni di sviluppo locale quantificabile attraverso un quadro problematici dei luoghi, che hanno però semplificato strategie e portata (Barbera, 2022);
- sperimentazioni convergenti in progetti europei finanziati da programmi come *Horizon* come Ruritage (2018), SIMRA (2016), Agrilink (2016), che sperimentano e diffondono soluzioni scalabili;
- iniziative nate a partire da sindaci illuminati che hanno dettato modelli che la comunità locale ha seguito e percorso (come Riace-RC, un modello ancora riconosciuto nonostante le pendenze giudiziarie);
- iniziative nate a partire dagli abitanti, come le Cooperative di Comunità che lavorano sull'intelligenza collettiva di chi non solo abita i luoghi ma ne codifica i patrimoni inespressi (Sacco, 2022; Becattini, 2015), a prescindere dalle politiche locali (come Campo di Giove- AQ) o con il loro supporto (come Ostana-TO e la sua impresa di luogo).

Tra le iniziative *placed-based*, radicate e costruite in modo sartoriale su territori e competenze, e soprattutto condivise con gli abitanti, la più interessante, perché svincolata da finanziamenti e

Turn a problem into an asset: the transformation of internal areas

One third of European citizens live in rural areas, around 80% of the European Union's territory that provides society with essential goods and services. The increase in geographical inequalities throughout Europe demonstrates the existence of important challenges, which are progressively pressing: the demographic composition, the growth of fragility of the socio-demographic framework of their systems, and the retreat of traditional forms of welfare (hospitals, schools, accessibility) to which a component of energy poverty was added with the war.

These challenges are a favourable contingency to the emerging opportunities of the EU's green and digital transitions. The lessons learned from the Covid-19 pandemic, including the crisis of the urban model, have

placed these territories at the centre of an important public debate between politicians, architects, journalists and researchers. This has given them much attention, which has only been partially perceived by local communities (Magnaghi, 2020).

In recent years Italy has witnessed the debate on living in internal areas in parallel with the multi-objective experiments of the United Nations (UN SDGs Goals n. 9, 11, 12, 17) and the multi-governance ones (top-down, collaborative, bottom-up), such as:

- systemic national initiatives, which have identified problems and defined solutions, such as the National Strategy for Internal Areas (SNAI, 2013), recognised by the EU as a positive experience to be structured;
- national culturally based initiatives contained in A and B lines of the *Borghi* national call for tender

di potenziale maggiore, è quella delle Cooperative di Comunità, portata avanti dagli abitanti, che ha alle spalle un'ampia letteratura (Sommerville, 2011) e *best practices* nazionali come Biccari (FG), Cerreto Alpi (RE), Sciacca (AG), Aielli (AQ), che hanno costruito imprese territoriali. Queste esperienze hanno dettato modelli interessanti di valorizzazione dei beni e patrimoni locali. In particolare, in Abruzzo oltre 30 cooperative di comunità presenti hanno dato vita al modello di rete *BorghiIN* (Mastrolonardo and Monetti, 2021), vincitore di finanziamenti europei *Horizon* (RURACTIVE, 2023) e nazionali (progetto HOW, welfare di comunità, Bando IdeeRete Assimoco, 2023). Il modello della cooperazione di comunità si basa su riconoscimento e valorizzazione del potenziale locale da parte degli abitanti, per l'innescare di azioni virtuose e sostenibili di messa a valore. Le comunità di luogo hanno il compito di valorizzare la complessità dei patrimoni attivando possibili economie future (Convenzione di Faro, 2011), garantendone così la conseguente sostenibilità dello sviluppo a base territoriale (Mastrolonardo and Monetti, 2021).

Nella rete dei borghi cooperativi d'Abruzzo c'è anche Taranta Peligna (CH, 370 abitanti), la cui collaborazione con l'Università è nata da una ricerca sulle aree marginali abruzzesi, dalla quale è stato stipulato un protocollo di intesa con l'amministrazione per una progettualità tesa alla valorizzazione strategica del territorio.

Background. La gestione della complessità per un approccio sistemico a Taranta Peligna

za dal polo più vicino. Il suo territorio è in gran parte compreso

Taranta Peligna (460 m s.l.m) è un comune a forte decremento, all'interno della SNAI Basso Sangro-Trigno-Sinello, "ultra-periferico" rispetto alla distanza

(2022) for local development actions designed to pursue an approach linked to easily quantifiable elements with simplified strategies and scope (Barbera, 2022);

- converging experiments in European projects funded by programmes such as *Horizon as Ruritage* (2018), *SIMRA* (2016), *Agrilink* (2016), which experiment and disseminate scalable solutions;
- initiatives launched by enlightened mayors, who have indicated models followed by the local community (such as Riace-RC, a model still recognised despite the judicial pending);
- initiatives conceived by inhabitants, such as the *Community Cooperatives*, which require the collective intelligence of those who not only live in the places but who codify their unexpressed heritage (Sacco,

2022; Becattini, 2015) regardless of the local policies (such as Campo di Giove-AQ) or with their support (such as Ostana-TO, and its local company).

Among place-based solutions, strongly rooted and tailored to specific territories and skills, and above all shared with the inhabitants, the most interesting - because it is free from funding and has the greatest potential - is that of Community Cooperatives. Carried out by the inhabitants, it is underpinned by extensive literature (Sommerville, 2011) and Italian best practices such as Biccari (FG), Cerreto Alpi (RE), Sciacca (AG), Aielli (AQ), who have built local businesses. These experiences have dictated interesting models to make the most of local assets and heritage. In Abruzzo, over 30 community cooperatives have created the *BorghiIN* network model (Mas-

nel Parco Nazionale della Maiella e conta risorse ambientali a potenzialità turistiche inespresse (Parco Fluviale delle Acquevive, Grotte del Cavallone). I beni storico-culturali sono tutti legati alla storia economica e sociale dell'alta valle dell'Aventino e alla lavorazione della lana, di cui Taranta Peligna è stato il capoluogo economico. Le testimonianze di un'importante tradizione industriale si riscontrano nei ruderi della Chiesa di San Biagio, la chiesa dei lanieri, nel nucleo storico del borgo medioevale abbandonato a picco sul fiume, nei resti delle gualchiere preindustriali nel lanificio Merlinò, nel cammino medioevale scolpito sulla roccia della Maiella e nel museo Multimediale delle Grotte del Cavallone.

Il paese, nonostante il potenziale, mostra una marcata crescita delle dinamiche di marginalità territoriale con valori positivi negli indicatori nazionali (allegati al DPCM 23/07/2021) rispetto a dissesto idrogeologico, arretratezza economica, decremento popolazione, disagio insediativo, inadeguatezza di servizi sociali e difficoltà di comunicazione, oltre ad una bassa densità territoriale (< 80 ab/kmq) di una popolazione in decremento costante, con continuo trasferimento di giovani e famiglie verso le aree di fondovalle. Il tessuto sociale seppur attivo è incapace di creare ricchezza e risente dell'impoverimento demografico. Il tasso di occupazione è quasi pari al 100%, ma la stragrande maggioranza lavora fuori dal territorio comunale e di questi in gran parte a più di 30 km di distanza.

Negli ultimi anni Taranta Peligna ha visto attuarsi un'importante riscoperta dell'artigianato, ed in particolare quello laniero-tessile. Valorizzazione del territorio e comunicazione strategica hanno favorito un interesse nuovo e contemporaneo sui prodotti più identitari del territorio: le coperte tradizionali ri-

trolo nardo and Monetti, 2021), winner of European Horizon (RURACTIVE, 2023) and national (*HOW project, Community Welfare, Bando IdeeRete Assimoco*, 2023) funds. The community cooperation model is based on the recognition and value enhancement of the local potential by the inhabitants to trigger virtuous and sustainable value enhancing actions. Local communities have the task of underscoring the value of the complex heritages by activating possible future economies (Convention of Faro, 2011), thus ensuring the consequent sustainability of territorial-based development (Mastrolonardo and Monetti, 2021).

The network of cooperative villages of Abruzzo also includes Taranta Peligna (CH, 370 inhabitants), whose collaboration with the University was born on the sidelines of research about the marginal areas of Abruzzo, from which

a non-binding agreement was stipulated with the administration, aimed at a territorial strategic enhancement project.

Background. The management of complexity for a systemic approach in Taranta Peligna.

Taranta Peligna (460 m.a.s.l) is a municipality with a sharp population decrease in the SNAI Basso Sangro-Trigno-Sinello area, and an "ultra-peripheral" classification with respect to the distance from the nearest hub. Its territory is largely included in the Maiella National Park and features environmental resources with unexpressed tourist potential (Parco Fluviale delle Acquevive, Grotte del Cavallone). The historical and cultural assets are all linked to the upper Aventine valley's economic and social history and to the processing of wool, of which Taranta

salenti ai primi dell'Ottocento, e più in generale i tessuti di Taranta, di cui si racconta esistano tracce fin dal Basso Medioevo. A questo si è accompagnato un lavoro sinergico tra Comune, realtà del terzo settore (rete *Borghini*) e Istituzioni scolastiche (*ITS Moda Pescara*) per lo sviluppo di un progetto di riutilizzo e *upcycling* delle fibre dei prodotti tessili dismessi.

Dalla crisi dell'industria tessile degli anni '80 è sopravvissuto un solo impianto laniero, il Lanificio Merlino, marchio storico da 150 anni ancora attivo nella produzione di coperte e tessuti, seppur impiegando una sola unità produttiva, oggi prossima al ritiro.

Riconoscendo l'importanza del territorio nei processi di sviluppo socio-economico, oltre che culturali, e considerando le risorse locali come micro-sistemi dinamici capaci di generare valore e risorse (produttive, ma anche cognitive, organizzative e relazionali), la ricerca sul territorio si è focalizzata sulla definizione di una *vision* futura, un sistema valoriale autentico, locale ed innovativo che possa promuovere il territorio, contrastare lo spopolamento e promuovere innesti tecnologici per una comunità focalizzate su manifattura locale a impatto zero. La poli-crisi sanitaria, unitamente a quella economica, sociale ed ambientale (Mussinelli, 2022) hanno fatto emergere la necessità di affrontare in modo sinergico e strategico una valorizzazione culturale dei territori, con azioni progettuali che mettano a sistema ogni aspetto connotante ed identitario (fattori comunitari e sociali, economici e produttivi, energetici ed ambientali), considerata la storica e perdurata mancanza di attenzione, o potremmo dire di ascolto, delle risorse di territori e comunità locali che oggi rischiano di perdersi o addirittura di sparire completamente.

Le comunità locali, le unicità, le tradizioni e i beni culturali intangibili presenti a tutte le latitudini del nostro territorio nazio-

nale richiedono quindi uno sconfinamento disciplinare perché il progetto culturale non perda qualità in questo periodo di crisi, anzi aumenti la sua capacità di produrre una narrativa autentica che allontani il rischio di semplificare e spettacolarizzare solo i contenuti più superficiali (sebbene attraenti), ma affronti la complessità di cui il territorio è naturalmente connotato.

Oggi i designer sono considerati "facilitatori di processo", agendo in modo sinergico all'interno di reti complesse di attori ed interlocutori, facendosi promotori di capacità progettuali diffuse, proponendo soluzioni e scenari condivisi (Manzini, 2006). Per quanto attiene alla valorizzazione della cultura e delle risorse locali, emerge quindi chiaramente come il design contemporaneo non possa operare sui beni culturali come ha storicamente fatto per il sistema-prodotto e quindi con un focus su strumenti, obiettivi, forme e funzionalità per accreditare al progetto valore d'uso e di scambio (anche se con una rinnovata e pertinente attenzione ai valori immateriali e narrativi dietro a questo collaudato sistema). In uno scenario contemporaneo sempre più interconnesso, il designer deve necessariamente operare in modo sinergico e sistemico, dove il modello di valorizzazione culturale è di tipo relazionale, inclusivo e locale, e dove centrali sono proprio le dinamiche relazionali quali cultura-territorio, designer-territorio, territorio-abitanti, territorio-turisti (Vezzoli *et al.*, 2022; Ceschin, 2014; Villari, 2012).

Metodi e strumenti di indagine territoriale

Per gestire la complessità degli stimoli progettuali e favorire innovazioni di processo per nuove attività economiche (o derivate da quelle preesistenti), l'approccio adottato è di tipo sistemico: alla disciplina tecno-

Peligna was the economic capital. Evidence of an important industrial tradition can be found in the ruins of the Church of San Biagio, the church of the wool workers, in the historic core of the abandoned medieval village overlooking the river, in the remains of the pre-industrial fulling mills, in the Merlino wool mill, in the medieval path carved on the rock of the Maiella, and in the multimedia museum of the Grotte del Cavallone.

Despite the potential, the village shows a marked growth in the dynamics of territorial marginalisation with positive values in the national indicators (DPCM 07/23/2021) with respect to hydrogeological instability, economic backwardness, population decrease, settlement problems, the inadequacy of social services and communication difficulties, as well as a low territorial density (< 80 inhabitants/km²) of a

constantly decreasing population, with the continuous relocation of young people and families towards the valley floor areas. The social fabric, while active, is incapable of creating wealth and, therefore, suffers from demographic impoverishment. The employment rate is almost 100%, but the vast majority work outside the municipal area and most of these sites are more than 30 km away.

In recent years Taranta Peligna has experienced an important rediscovery of craftsmanship, particularly in the wool and textile sector. Enhancement of the territory and strategic communication have favoured a new and contemporary interest in the territory's most characteristic products, such as the traditional blankets dating back to the early nineteenth century and, more generally, the Taranta fabrics, traces of which are said to have existed since the

late Middle Ages. This was accompanied by synergistic work between the municipality and service sector entities (*Borghini* network) and educational Institutions (*ITS Moda Pescara*) for the development of a project to reuse and upcycle the fibres of discarded textile products.

Only one wool plant has survived the textile industry crisis of the 1980s, precisely Lanificio Merlino, a historic brand that has actively produced blankets and fabrics for 150 years, albeit using only one production unit, which is now nearing decommissioning.

Recognising the importance of the territory in socio-economic development processes, as well as cultural ones, and taking into account local resources as dynamic micro-systems capable of generating value and resources (productive but also cognitive, managerial and relational), research on the terri-

tory has focused on defining a future vision, an authentic, local and innovative value system that can promote the territory, counteract depopulation and promote technological grafts for a community focused on zero impact local manufacturing. The healthcare, economic, social and environmental polycrisis (Mussinelli, 2022) has revealed the need to adopt a synergistic and strategic approach by culturally enhancing the territories, by planning actions that systematise every feature and every element of identity (community and social, economic and productive, energy and environmental factors). The historical and enduring lack of attention should be taken into account by listening to the resources of territories and local communities, which today risk being lost or even completely disappearing.

Hence, the local communities, the

logica ed energetica di co-creazione si affianca l'approccio progettuale del System Design (unione strategica di prodotto, servizio e comunicazione). Questo approccio sistemico ribadisce la centralità di un progettista che coordina il cambiamento del territorio attraverso la progettazione di servizi, prodotti e comunicazione con una forte componente relazionale dove ascolto e partecipazione attiva generano reti collaborative orizzontali con *soft skills* cognitive e relazionali condivise.

Il progetto di ricerca si compone di sei fasi (Fig. 1). Ad oggi, la sperimentazione è in essere alla fase 3. Le fasi analitiche 1 e 2 hanno coinvolto abitanti, associazioni e istituzioni, delineando prospettive di crescita a partire dalle risorse locali, per innescare risposte multiple nelle fasi successive. La co-creazione di comunità di scopo ad alto valore sociale è parte di un sistema multi-risposta che rimette al centro un nuovo artigianato destinato a giovani artigiani e stakeholder per nuovi *asset* di turismo culturale di tipo esperienziale e relazionale.

1. Mappatura e analisi quantitativa della domanda e dell'offerta locale in termini di consumi, energia, patrimoni, risorse locali ambientali e industriali. I dati del Seap (2015) e dell'attuale produzione idroelettrica locale privata dimostrano le potenzialità energetiche locali, che facilitano un approccio all'auto sostenibilità, volano base per lo sviluppo;
2. Ascolto e confronto tramite *focus group*, analisi qualitative su temi integrati verso comunità energeticamente neutre. L'esito di questa fase ha visto la facilitazione nella costituzione della cooperativa di comunità *Tarantula*, e di un protocollo di intesa attivato dagli enti locali con il Dd'A dell'Università Chieti-Pescara, che ha permesso lo svilup-

uniqueness, the traditions and the intangible cultural assets present at all latitudes of our national territory require disciplinary trespassing so that the cultural project does not lose quality in this period of crisis. Instead, it increases its ability to produce an authentic narrative, which removes the risk of simplifying and making spectacular only the most superficial (albeit attractive) contents, but faces the complexity of which the territory is naturally characterised.

Today designers are considered "process facilitators", acting in synergy within complex networks of actors and interlocutors, promoting widespread design skills, and suggesting shared solutions and scenarios (Manzini, 2006). As regards the enhancement of culture and local resources, it clearly emerges how contemporary design cannot operate on cultural heritage as it has his-

torically done for the product system and, therefore, with a focus on tools, objectives, shapes and functions to endow the project with value in terms of use and exchange (albeit with renewed and relevant attention to the immaterial and narrative values behind this tested system). In an increasingly interconnected contemporary scenario, the designer must necessarily operate in a synergistic and systemic way, where the model of cultural enhancement is relational, inclusive and local, and where the relational dynamics are culture-territory, designer-territory, territory-inhabitants, territory-tourists (Vezzoli *et al.*, 2022; Ceschin, 2014; Villari, 2012).

Territorial investigation methods and tools

A systemic approach is adopted to manage the complexity of design

- po e l'implementazione di indicatori qualitativi, derivati dei presupposti teorici e quantitativi della fase 1;
3. Definizione di ipotesi progettuali e modelli di sviluppo rispetto agli asset locali indagati, con particolare riferimento ad energia distribuita e lana. Il progetto è in questo momento in questa fase di sviluppo, con l'implementazione di due progetti potenziali: la comunità energetica e la prima fase di messa in rete all'interno delle realtà lanifere riconosciute a livello nazionale (aziende quali ILA, Radici Group, Iafill, Dyloan Manufacturing Technologies, Lanificio Leo, enti territoriali quali il Comune, la Cooperativa di Comunità *Tarantula*, il Gruppo di azione locale (GAL) Valle Seriana e Laghi Bergamaschi e l'Associazione Pastoralismo Alpino). I prossimi step vedranno la definizione di scenari e concept progettuali funzionali all'implementazione di progetti pilota funzionali alla sperimentazione di attività ad impatto zero;
 4. Implementazione e sviluppo di attività attuate con parametri e indicatori chiari rispetto agli obiettivi. In questa fase, gli obiettivi attesi sono l'attivazione della comunità locale a impatto zero e lo sviluppo e la prototipazione dei concept emersi nella fase 3;
 5. Verifica circolare iterativa delle strategie e delle azioni. Obiettivi attesi: accompagnamento d'impresa secondo una vision ecosistemica;
 6. Ipotesi di sviluppo successivo in ottica merceologica circolare, accompagnamento e sperimentazione. Obiettivi attesi: ridefinizione della manifattura locale preesistente dal punto di vista energetico, valorizzando risorse e consapevolezza del capitale sociale, culturale e territoriale locale.

stimulations and encourage innovation processes for new economic activities (or those derived from previously existing ones). The technological and energy discipline of co-creation is flanked by the system design approach (strategic union of product, service and communication). This systemic approach reaffirms the central nature of a designer who coordinates the change of the territory by designing services, products and communication with a strong relational component where listening and active participation generate horizontal collaborative networks when cognitive and relational soft skills are shared.

The research project consists of six phases (Fig. 1). To date, the experimentation is in phase 3. Analytical phases 1 and 2 involved inhabitants, associations and institutions, outlining growth prospects starting from

local resources to trigger multiple responses in the subsequent phases. The co-creation of purpose communities with high social value is part of a multi-response system that places new craftsmanship at the centre for young artisans, and stakeholders for new experiential and relational cultural tourism assets.

1. Quantitative analysis and mapping of local supply and demand in terms of consumption, energy, assets, and local environmental and industrial resources. The data from *Seap* (2015) and the current private local hydroelectric production demonstrate the local energy potential, which facilitates an approach to local self-sustainability, the first driving force for development;
2. The outcome of this phase has facilitated the establishment of the *Tarantula* community coopera-

Transizioni energetiche comunitarie

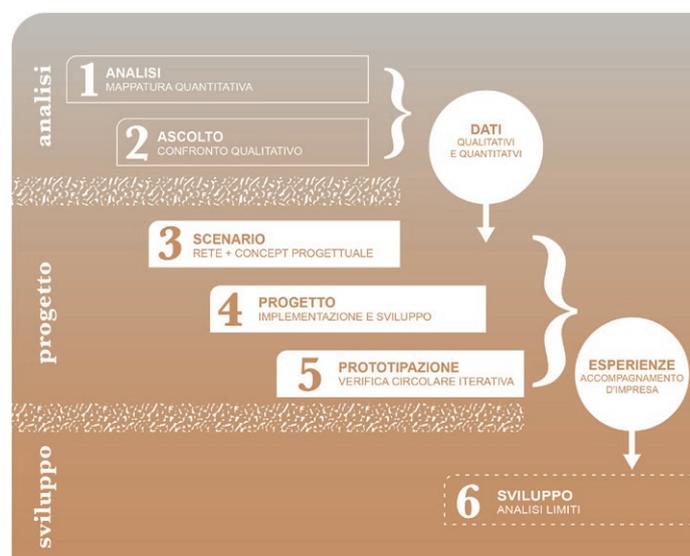
La prima azione che si propone per l'attivazione comunitaria è in continuità con le politiche europee del *Green Deal* (European Commission, 2019) che ha il suo focus nella riduzione delle emissioni di gas serra, contrasto a povertà energetica, mitigazione della dipendenza energetica, miglioramento di salute e benessere, creazione di posti di lavoro e crescita, promozione di modelli di economia circolare nella produzione e nel consumo. Per il raggiungimento degli obiettivi energetici, il *Pacchetto per l'energia pulita UE* e la *Direttiva REDII* (European Commission, 2021) hanno introdotto possibilità di sostegno ad una partecipazione attiva e distribuita dei consumatori con le comunità energetiche che hanno il potenziale di investire il processo di distribuzione energetica centralizzata in grandi reti nazionali dell'ultimo secolo (Butera, 2021), migrando verso la co-creazione di un modello di energia distribuita locale basata su rinnovabili (acqua, sole, vento) e tecnologiche (batterie per immagazzinare, intelligenza artificiale per gestire al meglio consumi, picchi e potenze).

Questo approccio consente la centralità progettuale delle aree marginali, come sta già facendo Gagliano Aterno (AQ) con modello distribuito di produzione, e Popoli (PE) con un modello centralizzato. Taranta Peligna potrebbe fruire di modelli distribuiti e collaborativi che esaltano la dimensione sociale e la prossimità geografica della produzione di energia dei *prosumers*, non solo consumatori ma partecipanti del processo produttivo e aumentano il potenziale delle cooperative di luogo, che aggiungono alle loro attività lo scopo mutualistico di decentramento, scambio locale e circolarità dell'energia (Fig. 2). Si propone la costruzione di un tale modello per Taranta Peligna, per

La prima azione che si propone per l'attivazione comunitaria è in continuità con le politiche

europee del *Green Deal* (European Commission, 2019) che ha il suo focus nella riduzione delle emissioni di gas serra, contrasto a povertà energetica, mitigazione della dipendenza energetica, miglioramento di salute e benessere, creazione di posti di lavoro e crescita, promozione di modelli di economia circolare nella produzione e nel consumo. Per il raggiungimento degli obiettivi energetici, il *Pacchetto per l'energia pulita UE* e la *Direttiva REDII* (European Commission, 2021) hanno introdotto possibilità di sostegno ad una partecipazione attiva e distribuita dei consumatori con le comunità energetiche che hanno il potenziale di investire il processo di distribuzione energetica centralizzata in grandi reti nazionali dell'ultimo secolo (Butera, 2021), migrando verso la co-creazione di un modello di energia distribuita locale basata su rinnovabili (acqua, sole, vento) e tecnologiche (batterie per immagazzinare, intelligenza artificiale per gestire al meglio consumi, picchi e potenze).

Questo approccio consente la centralità progettuale delle aree marginali, come sta già facendo Gagliano Aterno (AQ) con modello distribuito di produzione, e Popoli (PE) con un modello centralizzato. Taranta Peligna potrebbe fruire di modelli distribuiti e collaborativi che esaltano la dimensione sociale e la prossimità geografica della produzione di energia dei *prosumers*, non solo consumatori ma partecipanti del processo produttivo e aumentano il potenziale delle cooperative di luogo, che aggiungono alle loro attività lo scopo mutualistico di decentramento, scambio locale e circolarità dell'energia (Fig. 2). Si propone la costruzione di un tale modello per Taranta Peligna, per



una autoproduzione multimodale: idroelettrica a cascata dal bacino dell'Aventino, a valle della centrale che serviva il lanificio, oggi produttore privato con un salto di 12 metri (600 kW potenza nominale), dopo il quale si può sfruttare un ulteriore potenziale a cascata (da valutare con uno studio di fattibilità, e fotovoltaica con uso di coperture pubbliche (asilo, scuola, municipio per cominciare, con un potenziale iniziale di 60 kW), con consumo attraverso impianti locali rinnovabili, gestiti in modo condiviso (Fig. 3).

A valle della consultazione pubblica per i decreti attuativi di cui all'art.8 del Decreto Legislativo n. 19 dell'8 novembre 2021, ed in attesa dei finanziamenti 2,2 miliardi della misura PNRR sulle Comunità Energetiche, il concetto di Comunità Energetiche Rinnovabili (REC) è stato esteso alla cabina primaria, dove sono collegati i *prosumer* fino ad un 1 MW, che possono sfruttare diversi impianti e vettori valorizzando rinnovabili che per loro natura si prestano poco alla centralizzazione e molto più a produzione e uso di prossimità, tornando di fatto a guardare al

3. Definition of design hypotheses and development models with respect to the investigated local assets, considering distributed energy and wool. The project is currently at this stage of development, with the implementation of two potential projects: the energy community and the first phase of networking within nationally recognised wool manufacturers (companies such as ILA, Radici Group, Iafill, Dyloan Manufacturing Technologies, Lanificio Leo, territorial entities such as the Municipality, the *Tarantula*

Community Cooperative, the Local Action Group (GAL) Valle Seriana and Laghi Bergamaschi and the Alpine Pastoralism Association). The next steps will see the definition of scenarios and project concepts functional to the implementation of pilot projects necessary for the experimentation of zero impact activities;

4. In this phase, the expected objectives are the activation of the local community with zero impact, and development and prototyping of the concepts that emerged in phase 3;
5. Iterative circular verification of strategies and actions. Expected objectives: company support according to an ecosystem vision;
6. Subsequent development hypothesis from a circular commodity perspective, support and experimentation. Expected objectives: redefini-

tion of the previously existing local manufacturing industry from an energy and sustainability point of view, enhancing resources and awareness of the local social, cultural and territorial capital.

Community energy transitions

The first action proposed for community activation is in continuity with the European policies of the *Green Deal* (European Commission, 2019), which has its goals in the reduction of greenhouse gas emissions, the fight against energy poverty, the mitigation of energy dependence, improvement of health and well-being, job creation and growth, promoting circular economy models in production and consumption. To achieve the energy objectives, the *Clean energy for all Europeans* and the *REDII Directive* (European Commission, 2021) have

introduced possibilities to support active and distributed participation of consumers in the energy market, with energy communities having the potential to reverse the process of centralised energy distribution in large national grids of the last century (Butera 2021), migrating towards the co-creation of a local distributed energy model based on renewables (water, sun, wind) and technologies (batteries for storage, artificial intelligence to better manage consumption, peaks and power). This approach allows for the central role of marginal areas, as Gagliano Aterno (AQ) is already doing with a distributed production model, and Popoli (PE) with a centralised model. Taranta Peligna could benefit by distributed and collaborative models that enhance the social dimension and the geographical proximity of the energy production of *prosumers*, not only

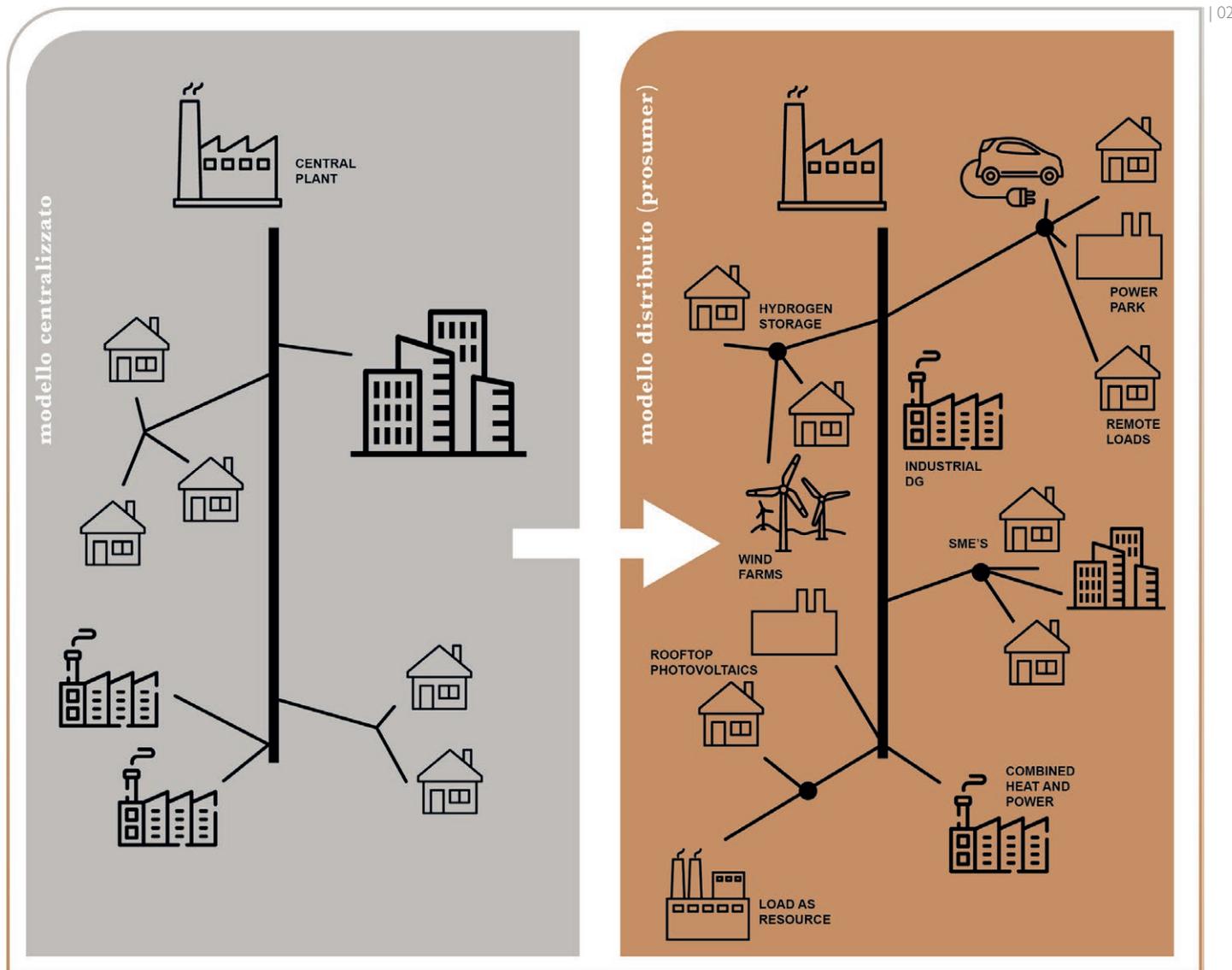
mondo della produzione e distribuzione cooperativo di energia di tipo ottocentesco, di cui sono sopravvissuti esempi nelle Alpi (es. Brunico, Dobbiaco, Prato Allo Stelvio, Funes). Il decentramento utilizza sistemi di *Smart Grid* e *Internet of Things* (IoT) per gestire la produzione, la distribuzione e le informazioni del sistema in tempo reale, con l'obiettivo di ridurre i picchi di potenza e gli squilibri legati alle diverse fonti rinnovabili (giornaliere e stagionali per sole e acqua).

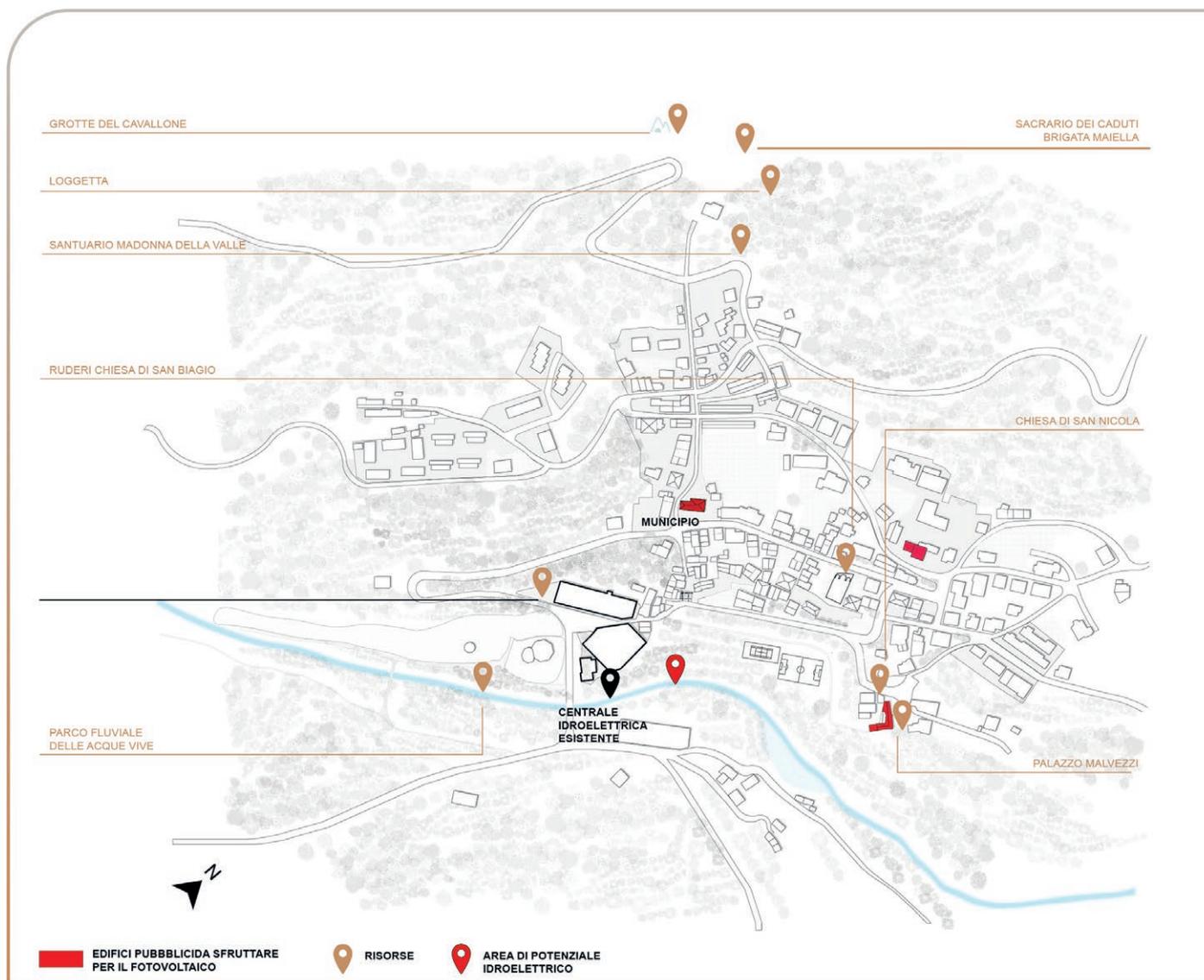
Nel quadro legislativo attuale in definizione, l'ascolto e lo sviluppo di azioni strategiche per il territorio superano le soluzioni emergenziali, definendo un set di risposte energetiche parallele ad una riattivazione di luoghi e microeconomie locali e comu-

nitarie, basate sulle risorse presenti. Il processo di innesco e facilitazione di una comunità energetica a Taranta si vuole basare su meccanismi contrattuali plurali per la co-creazione di una comunione di scopo eterogenea che lavori in modo cooperativo alla condivisione non tecnica bensì sociale del processo di identificazione dei bisogni, come primo stimolo alla definizione delle microeconomie possibili nel territorio.

System Design e sviluppo locale

Per affrontare la transizione energetica ed attivare microeconomie l'approccio sistemico alla "perturbazione antropogenica" (Butera, 2022), è necessario





consumers but participants in the production process. They also increase the potential of local cooperatives, which add to their activities the mutual aim of decentralisation, local exchange and energy circularity (Fig. 2). We propose the construction of such a model for Taranta Peligna, for multimodal self-production: hydroelectric cascade from the Aventine basin, downstream of the plant that served the wool mill, which is now a private producer with a height difference of 12 metres (600 kW nominal power), after which a further cascading potential can be exploited (to be evaluated with a feasibility study), and photovoltaic energy with the use of public roofing (kindergarten, school, town hall to begin with, having an initial potential of 60 kW), with consumption through renewable premises, managed in a shared way (Fig. 3).

Following the public consultation to implement decrees based on Article 8 of Legislative Decree no. 19 of 8 November 2021, and the pending 2.2 billion euro funding from the PNRR measure on Energy Communities, the definition of Renewable Energy Communities (REC) has been extended to the primary substation, where *prosumers* up to 1 MW are connected. They can exploit various plants and vectors by enhancing renewables, which by their nature lend themselves little to centralisation and much more to production and the use of proximity, looking back at the world of nineteenth-century cooperative production and distribution of energy, examples of which have survived in the Alps (e.g. Brunico, Dobbiaco, Prato Allo Stelvio, Funes). Decentralisation uses Smart Grid and Internet of Things (IoT) systems to manage production, distribu-

tion and system information in real time with the aim of reducing power peaks and imbalances linked to the various renewable sources (daily and seasonal for sun and water). In the current legislative framework, which is being defined, listening and developing strategic actions for the territory go beyond emergency solutions to define a set of energy responses parallel to the reactivation of local and community places and micro-economies, based on the resources present. The process of triggering and facilitating an energy community in Taranta is intended to be based on plural contractual mechanisms for the co-creation of a community with a heterogeneous purpose that works cooperatively in the non-technical but social sharing part of the process of identifying needs, which is a key stimulus to define possible micro-economies in the area.

System Design and local development

To face the energy transition and activate micro-economies, the systemic approach to “anthropogenic perturbation” (Butera, 2022) is necessary but not sufficient to trigger the processes outlined. So, the focus widens to an innovative local value system that can promote the territory by encouraging technological grafts for a community focused on local circular manufacturing, the innovative value of System Design, supporting inclusive practices such as the creation of an energy community that can counteract depopulation by strengthening its identity. The territory, considered a cultural asset in itself (and not just a set of individual assets), offers an important point of view to reflect on the issue of collective identity, which represents local culture. So, today, the contempo-

ma non sufficiente ad innescare i processi delineati. Quindi il focus si allarga al sistema valoriale locale innovativo per la promozione del territorio, promuovendo innesti tecnologici per una comunità focalizzata su manifattura locale circolare con un approccio del System Design, supportando pratiche inclusive quali la creazione di una comunità energetica che possa contrastare lo spopolamento rafforzando l'identità.

Il territorio, inteso come bene culturale esso stesso (e non solo come insieme di beni singoli), è un punto di vista importante per riflettere sulla questione dell'identità collettiva, intesa come rappresentazione della cultura locale. Così oggi al designer contemporaneo si chiede di promuovere le competenze locali favorendo la cooperazione delle singole capacità individuali, che identifichino e valorizzino le eccellenze di un territorio e lo mettano in grado di competere nelle logiche della globalizzazione. La metodologia progettuale aperta e paritaria del "design dell'ascolto" è volta a guidare le imprese verso l'espressione della domanda di innovazione (Veneziano, 2013) e per creare un ecosistema creativo che includa designer, ricercatori, aziende, utenti e risorse locali al fine di collegare le competenze che possano, insieme, produrre innovazione.

Nello scenario progettuale odierno, assistiamo quotidianamente a test di nuove tecnologie e materiali, ma anche sperimentazioni che ridefiniscono significato e valore di prodotti o servizi con un approccio più etico attraverso una strategia di comunicazione efficace. In questo contesto, l'esempio del lanificio calabrese Leo fondato nel 1873 mostra un efficace mix tra valorizzazione del saper fare tradizionale e una forte propensione all'innovazione (Fig. 4). Il suo imponente parco macchine storico, paragonabile a quello del Lanificio Merlino, è ancora oggi

attivo nella produzione oltre che del proprio museo d'impresa, integrato continuamente con attrezzature di ultima generazione. Pecore Attive è una realtà attiva dal 2010. Ha nella tracciabilità della materia prima il suo fulcro aziendale. L'Altamura e la Gentile di Puglia sono due razze ovine autoctone allevate nelle immediate vicinanze di Altamura, da cui nasce un filato di altissima qualità, utilizzato nel pieno rispetto delle antiche tradizioni legate alla tosatura. Un ulteriore esempio sono le *social street*, comunità di cittadini che abitano la stessa strada e si supportano per instaurare legami, condividere necessità, scambiarsi professionalità, portare avanti progetti collettivi di interesse comune e trarre tutti i benefici derivanti da una maggiore interazione sociale, con un modello inclusivo e cooperativo.

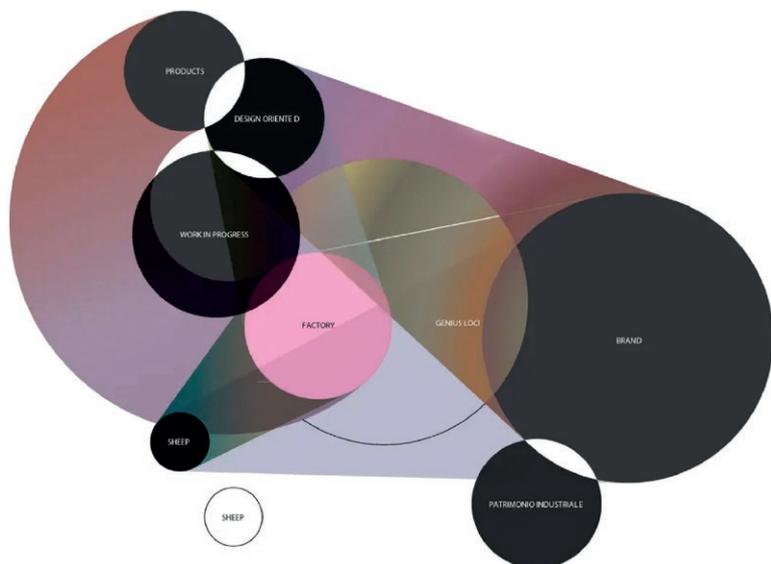
Conclusioni. Limiti e complessità di un modello *in itinere*

La complessità di un modello basato sulla co-creazione comunitaria per un'unione di scopo in territori marginali deve molto alla strutturale difficoltà del superamento dell'approccio economico classico e della cultura individuale.

Alcune delle azioni sviluppate nelle fasi analitiche hanno confermato la complessità di un modello di sviluppo partecipato: la costruzione della cooperativa *Tarantula*, nata nel 2020 e già in fase di chiusura per mancanza di soci e la costruzione di un modello per una nuova impresa a valere sul settore tessile, tentativo fallito già nella fase di contrattazione.

Nonostante ciò, il lavoro di ricerca in atto non può che fare tesoro dei fallimenti, indagando cause e i potenziali inespressi per individuare i vincoli di un modello limitato a livello sociale da una comunità anziana e quindi non particolarmente proattiva,

rary designer is asked to promote local skills by encouraging the cooperation of single individual skills, which identify and enhance the excellence of a territory and enable it to compete within the rationale of globalisation. The open and equal design methodology of "listening design" aims to guide companies towards the expression of the demand for innovation (Veneziano, 2013), and to form a creative ecosystem that includes designers, researchers, companies, users and local resources in order to connect the skills that can, together, produce innovation. In today's design scenario, we daily witness tests of new technologies and materials, but also experiments that redefine the meaning and value of products or services, adopting a more ethical approach centred on an effective communication strategy. In this context, the example of the Calabrian



da una storia industriale decisamente significativa ma ancora molto legata ad un passato industriale con un approccio produttivo molto tradizionale, che ad oggi necessita di un innesto tecnologico e di un modello produttivo *placed-based*.

Allo stesso modo, osservando questi stessi limiti si intravedono le grandi potenzialità del progetto, nato dall'ascolto di un territorio orgogliosamente autentico dal punto di vista paesaggistico, ricco di energia pulita, genuino sul fronte comunitario e sociale proprio perché fuori dalle rotte turistiche del centro Italia, e – non in ultimo – forte di una esperienza manifatturiera ed industriale che ha lasciato una evidente memoria fatta di eccellenza.

ATTRIBUZIONI

Rossana Gaddi è autrice di “System design e sviluppo locale” e “Metodi e strumenti di indagine territoriale”. Luciana Mastrodonardo è autrice di “Da problema a risorsa: la trasformazione delle aree interne”, “Transizioni energetiche comunitarie”. Rossana Gaddi e Luciana Mastrodonardo sono co-autrici di “Background. La gestione della complessità per un approccio sistemico a Taranta Peligna” e “Conclusioni. Limiti e complessità di un modello in itinere”.

REFERENCES

Barbera, F., Cersosimo, D. and De Rossi, A. (2022), *Contro i Borghi. Il Belpaese che dimentica i paesi*, Donzelli Editore, Roma.

Becattini, G. (2015), *La coscienza dei luoghi. Il territorio come soggetto corale*, Donzelli Editore, Roma.

Butera, F.M. (2021), *Affrontare la complessità. Per governare la transizione ecologica*, Edizioni Ambiente, Milano.

wool mill Lanificio Leo, established in 1873, presents an effective mix between the enhancement of traditional know-how and a strong propensity for innovation (Fig. 4). Its impressive fleet of historic machines, comparable to that of Lanificio Merlino, is still active in production and forms the corporate museum. These machines are continuously integrated with cutting edge equipment. Pecore Attive has been active since 2010. It has its own traceability of the raw material corporate hub. The Altamurana and the Gentile di Puglia are two native sheep breeds raised in the immediate vicinity of Altamura: a very high quality yarn is produced here and used in full respect of the ancient shearing traditions. This attention to both the product and the process reveals an aptitude for slowness and compliance with the necessary waiting times of nature. A further

example can be found in the social streets, communities of citizens who live on the same street and support each other to establish a bond, share needs, exchange professionalism and knowledge, carry out collective projects of common interest, and derive all the benefits deriving from greater social interaction.

Conclusions. Limits and complexity of an ongoing model

The complexity of a model based on community co-creation for a purposeful union in marginal territories owes much to the structural difficulty of overcoming the classic economic approach and individual culture.

Some of the actions developed in the analytical phases have confirmed the complexity of a participatory development model: the construction of the *Tarantula* cooperative, born in 2020

Ceschin, F. (2014), *Sustainable Product-Service Systems. Between Strategic Design and Transition Studies*, Springer International Publishing, London.

European Commission (2019), “Realizzare il Green Deal europeo”, available at: https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/europeangreen-deal/delivering-european-green-deal_it#documents (accessed 2 March 2023).

European Commission (2021), “Renewable Energy Directive”, available at: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX:32009L0028> (accessed 2 March 2023).

Mussinelli, E. (2022), “Editorial”, *TECHNE – Journal of Technology for Architecture and Environment*, Vol. 23, Firenze University Press, pp 10-14.

Manzini, E. and Bertola P., (2006), *Design Multiverso. Appunti di fenomenologia del design*, Poli.design, Milano.

Manzini, E. (2015), *Design when everybody designs. An Introduction to Design for Social Innovation*. Cambridge, The MIT Press, MA.

Mastrodonardo, L. and Monetti, M. (2022), *Dialoghi e storie di periferie intraprendenti*, UNA Press, Pescara.

Rawsthorn, A. (2022), *Design as an attitude*, JRP Edition, Geneva.

Sacco, P. (2022), “Il Borgo a meno e l'Albergo Confuso”, in Barbera, F. et al., *Contro i Borghi. Il Belpaese che dimentica i paesi*, Donzelli Editore, Roma.

Somerville, P. and McElwee, G. (2011), “Situating Community Enterprise, A Theoretical Exploration”, *Entrepreneurship & Regional Development*, Vol. 23, n. 5-6, pp. 317-330.

Veneziano, R. (2018), “Sharing. Interazione con le comunità e condivisione di competenze e intenti”, in Liberti, R., Piscitelli, D., Ranzo, P., Sbordonone, M.A. et al., *Listening design. Il design per i processi di innovazione*, LISt Lab, Barcellona.

Vezzoli, C., Ceschin, F., Osanjo, L., M'Rithaa, M., Moalosi, R., Nakazibwe, V. and Diehl, J. (2022), *Designing Sustainable Energy for All*, Springer International Publishing, London.

Villari, B., (2012), *Design per il territorio. Un approccio community centred*, Franco Angeli, Milano.

and already in the closing phase due to a lack of members, and the construction of a model for a new business in the textile sector, an attempt that failed in the negotiation phase.

Despite this, ongoing research can only capitalise on failures by thoroughly investigating the causes and the unexpressed potential to identify the constraints of a model limited at a social level by an elderly and, therefore, a not particularly proactive community, and by a significant and characterising history. However, it still closely linked to an industrial past with a very traditional production approach, which today requires a technological addition as well as a placed-based production model.

Likewise, the great potential of the project can be glimpsed by observing the same limits, conceived by listening to a territory that is proudly authentic

from a landscape point of view, rich in clean energy, genuine on the community and social front, precisely because it is outside the tourist routes of central Italy, and – last but not least – has a strong manufacturing and industrial experience, which has left an evident memory made of excellence.

ATTRIBUTIONS

Rossana Gaddi is the author of “System design and local development” and “Territorial investigation methods and tools”. Luciana Mastrodonardo authored the chapter “Turn a problem into an asset: the transformation of internal areas”, “Community energy transitions”. Rossana Gaddi and Luciana Mastrodonardo are co-authors of “The management of complexity for a systemic approach in Taranta Peligna” and “Conclusions. Limits and complexity of an ongoing model”.

Antonio Basti¹, <https://orcid.org/0000-0003-3818-3415>

Monica Misceo², <https://orcid.org/0000-0003-2041-9514>

Elena Di Giuseppe³, <https://orcid.org/0000-0002-7248-2593>

¹ Dipartimento di Architettura, Università degli Studi "G. d'Annunzio" di Chieti – Pescara, Italia

² ENEA, Unità Tecnica per l'Efficienza Energetica UTEE, Italia

³ Dipartimento di Architettura, Università degli Studi "G. d'Annunzio" di Chieti – Pescara, Italia

antonbio.basti@unich.it

monica.misceo@enea.it

elenadi giuseppe.edg@gmail.com

Abstract. Il contributo indaga il tema delle Comunità Energetiche Rinnovabili (CER) quale strumento di attuazione delle strategie di transizione energetica locale, con particolare riferimento ai territori interni ed ai centri storici minori. Contesti "sensibili" spesso caratterizzati da una elevata qualità paesaggistica e storico-culturale, rispetto ai quali le politiche di riconversione green ed autosufficienza energetica non possono prescindere dalla necessità di valutare le singole azioni rispetto agli obiettivi di tutela ambientale. Dallo studio emerge il ruolo che una CER può svolgere all'interno dei processi di rigenerazione urbana e paesaggistica di questi territori, a condizione di adottare un approccio progettuale olistico e multidisciplinare, orientato a ripensarli in un'ottica di valorizzazione e rilancio.

Parole chiave: Social integration; Renewable communities; Energy transition; Technological design; Green technologies.

Introduzione

Le CER "Comunità Energetica Rinnovabile" rappresentano

oggi uno dei modelli più attuali ed efficaci per il perseguimento degli obiettivi di transizione energetica e sviluppo urbano sostenibile fissati dall'Unione europea con l'Agenda urbana 2030. Basate su sistemi di autoproduzione e consumo energetico "di prossimità" da fonti rinnovabili, le CER introducono sostanziali cambiamenti nei modelli organizzativi, culturali e sociali delle comunità, cui possono fornire benefici ambientali, economici e sociali operando nel rispetto delle peculiarità dei territori.

Il concetto di CER compare a livello comunitario con la Direttiva sulle energie rinnovabili (Parlamento e Consiglio Europeo, 2018) che introduce tra l'altro il concetto di "autoconsumo collettivo".

A questa, fa seguito la Direttiva sul mercato interno dell'energia

Energy communities and architectural quality of small historical centres

Abstract. The text looks at Renewable Energy Communities (RECs) as a tool for implementing strategies that favour local energy transition, with particular focus on inland areas and small historical settlements. These "sensitive" contexts, often situated in landscapes or historical-cultural areas of significant value, require policies to convert to green energy and energy self-sufficiency that evaluate the need for specific actions tied to environmental protection objectives. The study reveals the role RECs can play in urban and landscape regeneration processes in these territories, under the condition that we adopt a holistic and multidisciplinary approach to design, oriented toward reimagining these sites with a view toward relaunching and promoting them.

Keywords: Social integration; Renewable communities; Energy transition; Technological design; Green technologies.

elettrica (Parlamento e Consiglio Europeo, 2019) che introduce l'istituto della "Comunità Energetica dei Cittadini" (CEC) sebbene questa non preveda l'adozione dei principi di autonomia, prossimità e produzione energetica da fonti rinnovabili. Nello stesso anno, l'Unione Europea licenzia il Clean Energy Package (European Commission, 2019), un pacchetto legislativo composto da otto direttive riguardanti i temi energetici affronta anche il tema delle *Energy Community*, intese come comunità locali fatte di persone ed istituzioni che vivono nel territorio, e che aderiscono agli obiettivi di riduzione delle emissioni di CO₂, di neutralità climatica, di contenimento dei consumi di energia, di aumento dell'utilizzo di FER (Fonti Energetiche Rinnovabili) e di riduzione degli sprechi, attraverso la promozione di soluzioni legate all'autoconsumo singolo e/o collettivo.

Obiettivi peraltro già fissati a livello comunitario in occasione della adozione della Energy Roadmap 2050 (European Commission, 2011), per una economia europea a basse emissioni di carbonio entro il 2050 (-80/-95% di gas serra rispetto al 1990) basata sulla individuazione dei nuovi scenari per la decarbonizzazione (efficienza energetica, fonti rinnovabili, nucleare, cattura e stoccaggio dell'anidride carbonica). Obiettivi successivamente ribaditi dall'Agenda Urbana per l'UE (patto di Amsterdam), quadro operativo finalizzato a promuovere il cambiamento strutturale a lungo termine nei sistemi energetici, essenziali per lo sviluppo sostenibile delle città (European Commission, 2016), e che nella loro applicazione alle Energy

Introduction

Renewable Energy Communities (RECs) are currently one of the most tangible and effective models for pursuing the energy transition and sustainable urban development objectives set by the European Union's Urban Agenda 2030.

Based on self-production and "proximity" energy consumption systems generated from renewable sources, the CERs introduce substantial changes in the organisational, cultural and social models of the communities, to which they can provide environmental, economic and social benefits, operating in compliance with peculiarities of the territories.

The REC model is founded on a process of ecological transition that is part of urban transformation policies involving communities, reimagining administrative structures and in favour of

innovation in technology and energy. This holistic approach promotes cooperation among all actors in a given territory, working to develop solutions designed to improve the quality of life for citizens and favour the use of renewable, ecological, intelligent, efficient and connected technologies.

The concept of REC appears at the "European level" in the Directive on Renewable Energies (European Parliament, 2018), which also introduced the "concept of collective self-consumption".

This was followed by the Directive on the internal electricity market (European Commission, 2019a), which introduced the "Citizen Energy Community" (CEC), though it does not provide for the adoption of the principles of autonomy, proximity and energy production from renewable sources.

Community assumono una valenza sistemica orientata allo sviluppo di Smart Cities o Smart Territories.

Delle “Smart Communities” ognuna caratterizzata da un sistema organizzativo e gestionale diverso, che vede gli operatori locali (pubblici, privati e del terzo settore) impegnati verso il raggiungimento di precisi obiettivi di sostenibilità, ottimizzazione, efficienza e digitalizzazione (Alagirisamy and Ramesh, 2022).

In quest’ottica va rilevato come i modelli organizzativi collaborativi, uniti alle opportunità offerte dalle nuove tecnologie digitali, costituiscono il punto cardine della transizione energetica e rappresentano un’opportunità per la creazione di nuovi asset basati sulla green economy, sulla modifica dei sistemi di produzione, distribuzione e consumo di energia verde, sull’affermazione di economie energetiche localizzate e su una maggiore attenzione alla dimensione sociale.

I principali attori di una Smart Communities sono individuabili nelle Amministrazioni Pubbliche, nelle Attività produttive, nelle Università, nella cittadinanza attiva e nei System Integrator, figure deputate alla progettazione e management della architettura di rete.

Le prime in quanto componenti decisorie fondamentali per l’attivazione di nuovi servizi, nuove infrastrutture ed investimenti orientati alla valorizzazione e tutela del capitale umano ed ambientale, delle relazioni e beni della comunità. Le seconde quali soggetti promotori dell’“aumento di produttività ed occupazione attraverso l’innovazione tecnologica. Le terze quali soggetti attuatori dei processi di formazione e ricerca fondamentali per lo sviluppo competitivo della comunità locale. La quarta componente, i cittadini, quali soggetti portatori di bisogni reali di-

rettamente coinvolti nei processi decisionali e veri protagonisti della vita della comunità.

L’Unione Europea con la Direttiva 2001/2018 RED II, intende dare un forte rinnovamento sul tema della produzione energetica da fonti rinnovabili, ed a livello nazionale il recepimento di questi obiettivi è riscontrabile nel Decreto legislativo 162/2019 “Milleproroghe” di recepimento della Direttiva UE sulla regolamentazione del mercato interno dell’energia 944/2019 (Parlamento e Consiglio Europeo, 2019), riconfermato con i successivi Decreti legislativi 199/2021 e 210/2021, cui hanno fatto seguito la Delibera 318/2020 di ARERA (Autorità di Regolazione per Energia Reti e Ambiente) e le Regole tecniche istituite dal GSE (Gestore Servizi Energetici), che fissano le caratteristiche dei partecipanti, le condizioni economiche e le modalità di costituzione delle CER. Resta in attesa di approvazione da parte della EU il Decreto di attuazione delle CER inviato dal MASE (Ministro dell’Ambiente e della Sicurezza Energetica) nel febbraio 2023.

D’altro canto, Fondare una Energy Community nel contesto italiano, ricco di peculiarità ed emergenze naturalistiche e culturali di pregio, pone la necessità di confrontarsi con le esigenze di conservazione e tutela della qualità ambientale ed urbana. Risulta pertanto auspicabile, come sottolineato dalla Convenzione Europea del Paesaggio, fondare le azioni sui principi di “salvaguardia”, “gestione” e “pianificazione” del territorio capaci di guidare le scelte e favorire la individuazione di interventi appropriati, capaci di integrare le nuove tecnologie con le peculiarità del Capitale Naturale e Territoriale.

Da questo punto di vista appare interessante ricordare gli studi condotti da Susan Owens sul “energy integrated planning”, fon-

The same year, the European Union released the “Clean Energy Package” (European Commission, 2019b). This suite of legislation comprising eight Directives on energy-related themes also explores the theme of the Energy Community”, intended as local communities comprising people and institutions that inhabit a territory and share the objectives of reducing CO2 emissions, achieving climate neutrality, containing energy consumption, increasing the use of Renewable Energy Sources (RES), and reducing waste by promoting solutions linked to self-and/or collective consumption.

The same objectives were also established at European level with the adoption of the Energy Roadmap 2050 (European Commission, 2011) in favour of a European economy that pursues lower carbon emissions by 2050 (-80/-95% less greenhouse gases with respect

to 1990) by identifying new decarbonisation scenarios (energy efficiency, renewable sources, nuclear, carbon capture and storage).

Objectives later reiterated by the Urban Agenda for the EU (Pact of Amsterdam), an operative framework aimed to promote a long-term structural change in energy systems, and deemed essential to the “sustainable development of the city” (European Community, 2016). When applied to an Energy Community, they assume a systemic value that favours the development of “Smart Cities” or “Smart Territories”.

Better yet, we could speak of “Smart Communities”, each characterised by a diverse organisational and managerial system inspired by local actors (public, private or third sector) committed to achieving precise objectives of sustainability, optimisation, efficiency and

digitisation (Alagirisamy and Ramesh, 2022).

In this scenario, it is important to note how collaborative organisational models, combined with the opportunities offered by new digital technologies, constitute a cardinal point in “energy transition”. They offer the opportunity to create new arrangements based on “green economy”, on the modification of systems for producing, distributing and consuming green energy, on the affirmation of “local energy economies”, and on greater “attention toward the social dimension”.

The principal actors in Smart Communities are Public Administrations, Productive activities, universities, active citizens and integrator systems, all subjects assigned to plan and manage network architecture.

The first as components of decision-making bodies that are crucial to the

activation of new services, new infrastructures and investments oriented toward the promotion and conservation of human and environmental capital, relations and the common goods of a community. The second as promoters of an increase in productivity and employment through technological innovation. The third as subjects who implement training and research essential to the competitive development of local communities. The fourth component, namely citizens, as subjects with real needs directly involved in decision-making processes and the true protagonists of community life.

With Directive 2018/2001 RED II, the European Union made a strong push to renew the theme of energy production from renewable sources. At the national level in Italy, these objectives were adopted with Legislative Decree 162/2019 “Milleproroghe” implement-

dati sulla applicazione di nuovi processi di pianificazione orientati alla efficienza energetica, specie in ambito urbano (Owens, 1986). Concetti ripresi ed estesi ad una dimensione multidisciplinare della pianificazione energetica a scala urbana e territoriale, in cui gli obiettivi di sviluppo sostenibile si fondono con le istanze di conservazione e valorizzazione delle risorse locali, delle identità locali e dei valori storici ed ambientali, con l'intento di definire le trasformazioni in un processo che riconduca la cultura del divenire nella cultura del limite, presupposto della progettazione sistemica partecipata (De Pascali, 2008).

Da queste ultime riflessioni emerge la necessità di definire meglio il ruolo svolto dal progetto quale strumento di governo dei processi di trasformazione e di controllo della qualità architettonica e paesaggistica, specie con riferimento ai nuovi insediamenti infrastrutturali legati alle CER.

Obiettivi ed esiti

Alla luce delle precedenti considerazioni, lo studio si è principalmente incentrato sulla analisi critica del quadro conoscitivo attualmente disponibile, al fine di comprenderne lo stato evolutivo e l'esistenza o meno di un modello operativo "design driven".

A tal fine si è ritenuto di procedere affiancando alla ricerca e analisi del quadro normativo e regolamentare attualmente disponibile, la disamina dei dati di letteratura e delle esperienze e sperimentazioni (*best practices*) a tutt'oggi condotte sul tema delle CER, sia a livello europeo che italiano. Queste ultime sono state inoltre approfondite cercando di focalizzarne ambiti di azione e fattori di caratterizzazione rispetto ai differenti contesti applicativi.

ing EU Directive 944/2019 on the regulation of the internal energy market (European Parliament and Council, 2019), reconfirmed with the subsequent Legislative Decrees 199/2021 and 210/2021, followed by Resolution 318/2020 of ARERA (Regulatory Authority for Energy, Networks and the Environment) and the Technical Rules established by the GSE (Energy Services Manager), which establish the characteristics of the participants, the economic conditions and the procedures for setting up the CERs. The CER implementation decree sent by MASE (Ministry of Environment and Energy Security) in February 2023 is awaiting approval by the EU.

Establishing an Energy Community in Italy, which is rich in particular situations and unique natural and cultural opportunities, raises the need to compare the conservation and safeguard-

ing of the natural and urban environment. As emphasised in the European Landscape Convention, it is desirable that actions be founded on the principles of "safeguarding", "managing" and "planning" the territory that guide choices and favour the selection of appropriate interventions, which are, in turn, capable of integrating new technologies with the peculiarities of natural and territorial capital.

Studies conducted by Susan Owens in the field of "energy integrated planning", and founded on the application of new planning processes guided by energy efficiency above all in the urban environment, are of interest from this point of view (Owens, 1986). These concepts were incorporated and extended into a multidisciplinary dimension in energy planning at the urban and territorial scale, with sustainable development objectives founded on

Scopo dello studio è stato quello di individuare una metodologia meta-progettuale capace di integrare le implicazioni di carattere architettonico e paesaggistico nel processo di costituzione di una CER, in modo da valutarne la applicabilità ad un caso di studio, individuato nel Comune di Roseto Valfortore (FG), borgo di interesse turistico ubicato nelle aree interne dei Monti Dauni e inserito nella rete de "I Borghi più belli d'Italia", caratterizzato da un significativo patrimonio culturale, storico, architettonico e paesaggistico.

Sulla scorta dei riferimenti raccolti, è stato possibile individuare un primo quadro dei requisiti normativi, regolamentari, socio-economici e progettuali necessari allo sviluppo di una CER. In particolare l'analisi della letteratura restituisce uno scenario in divenire, in cui il dibattito appare incentrato sui temi relativi al ruolo delle CER nella transizione energetica, alla loro fattibilità tecnico-economica ed alle relative procedure giuridico-amministrative. Alcuni autori concentrano la loro attenzione sul ruolo svolto dai cittadini nel processo di costituzione della CER (Hamann *et al.*, 2023; Aggeli and Aggeliki, 2022) o più in generale sul loro contributo ad una transizione energetica partecipata e sostenibile (Rossetto, 2022). Altri autori concentrano la loro attenzione sulla definizione di CER e sul ruolo svolto dalle diverse figure coinvolte, con la finalità di diffonderne la conoscenza tra i cittadini (Barroco *et al.*, 2020) o definire un primo quadro d'unione delle esperienze ed iniziative in atto (De Vidovich *et al.*, 2001). Di particolare interesse ai fini dello studio si sono rivelate le ricerche condotte sui temi della definizione di una metodologia di approccio alla pianificazione e gestione delle CER e sui rapporti tra CER e pianificazione urbana (De Lotto *et al.*, 2023; Gerundo *et al.*, 2022; Ramirez-Cobo *et*

the conservation and promotion of local resources, local identities and historical and environmental values. The intention is to define transformations that are part of a process, which folds future culture into the culture of the limit, a premise of systemic participatory design (De Pascali, 2008).

These reflections reveal the need to better define the role of design as a tool for governing the processes transforming and controlling the quality of architecture and the landscape, above all in relation to new infrastructural settlements linked to RECs.

Goals and results

In light of the above considerations, the study mainly focused on the critical analysis of current knowledge to understand the evolution and existence or lack of a "design driven" operating model.

To this end, research and analysis of the current legislative and regulatory framework were accompanied by an examination of data found in the literature and best practices related to the theme of RECs, both in Europe and in Italy. The latter were also further investigated with a focus on areas of action and characterising factors of the different contexts in which they can be applied.

The study aimed at identifying a meta-design methodology to integrate architectural and landscape implications within the process of creating an REC. This methodology was then applied to a case study in the town of Roseto Valfortore (FG), a site that attracts tourism to the inland area of the Dauni Mountains. One of "Italy's Most Beautiful Villages", the town boasts an important cultural, historical, architectural and landscape heritage.

al., 2022) e sullo sviluppo e applicazione di strumenti digitali a supporto del progetto, anche in ambito urbano (Borràs *et al.*, 2023). Ancora poco trattato appare il tema della progettazione di interventi di transizione e autosufficienza energetica nelle aree rurali o interne, sebbene oggetto di una specifica politica di sostegno comunitaria (<https://rural-energy-community-hub.ec.europa.eu>).

Lo studio delle Best Practices, condotto sulla scorta delle risultanze di alcune ricerche condotte dalla Renewables-Networking Platform (<https://www.renewables-networking.eu>) e dalla Società LUMI (<https://luminetwork.it>), restituisce per il contesto europeo l'esistenza di 37 casi applicativi, tutti riconducibili ad un modello olistico volto a promuovere la sostenibilità ambientale e a migliorare la cooperazione sociale tra tutti gli attori coinvolti, e per il contesto italiano di 26 casi applicativi, prevalentemente incentrati sullo sviluppo di reti intelligenti, sulla proprietà congiunta di servizi e/o infrastrutture locali, sul cambiamento delle modalità di approvvigionamento energetico. A queste fonti si aggiungono gli esiti della ricerca condotta, sempre con riferimento al territorio italiano, dal team composto da RSE (Ricerca Sistema Energetico) e Luiss Business School, che propone oltre ad una mappatura aggiornata delle CER presenti sul territorio, anche una loro prima classificazione articolata in tre modelli organizzativi: un modello "public lead" basato su un forte ruolo dell'attore pubblico, in cui i processi di ingaggio e di partecipazione evidenziano un *modus operandi* top-down; un modello "pluralista" basato su un forte ruolo della comunità, ed in cui i processi di ingaggio e di partecipazione evidenziano un *modus operandi* bottom-up; un modello "community energy builder" o misto (De Vidovich *et al.*, 2021).

The information gathered was used to identify an initial framework of legislative references, regulations, and socio-economic and design aspects necessary to develop an REC.

In particular, available literature describes an unfolding scenario in which debate centres on themes relative to the role of RECs in energy transition, their technical-economic feasibility and relative legal-administrative procedures. Various authors have focused their attention on the role of citizens in the constitution of an REC (Hamann *et al.*, 2023; Aggeli and Aggeliki, 2022) or, more in general, on their contribution to a participated and sustainable energy transition (Rossetto, 2022). Other authors have focused on defining RECs and the role of the different actors involved, with the aim of raising awareness among citizens (Barroco *et al.*, 2020) or of defining an initial

framework of current experiences and initiatives (De Vidovich *et al.*, 2021). Of particular interest to our study is research into the definition of a methodological approach to planning and managing RECs and the relations between RECs and urban planning (De Lotto *et al.*, 2023; Gerundo *et al.*, 2022; Ramirez-Cobo *et al.*, 2022), and on the development and application of digital tools to support design also in the urban environment (Borràs *et al.*, 2023). It still appears that little attention is paid to energy transition projects and self-sufficiency in rural and inland areas, despite these areas being the object of a specific European policy (<https://rural-energy-community-hub.ec.europa.eu>).

A study of Best Practices, conducted in the wake of the results of research by the Renewables-Networking Platform ([<https://www.renewables-networking-> eu\) and LUMI \(<https://luminetwork.it>\), presents 37 applied examples in Europe, all linked to a holistic model designed to promote environmental sustainability and improve social cooperation among all actors involved. The same study also revealed 26 applications in Italy, centred prevalently on the development of intelligent networks, on the joint ownership of local services and/or infrastructures, and on changes to methods of energy procurement. These sources are accompanied by the results of research conducted, again in Italy, by the team comprising RSE \(Ricerca Sistema Energetico\) and the Luiss Business School. In addition to proposing an updated mapping of RECs in Italy, this work also presents a classification based on three organisational models: a "public lead" model based on the strong role of public sub-](https://www.renewables-networking-</p></div><div data-bbox=)

Sulla scorta di queste conoscenze lo studio è stato sviluppato attraverso una selezione ed approfondimento di quei casi che per contesti applicativi, ambiti di azione e fattori di caratterizzazione presentassero particolari assonanze rispetto al caso di studio successivamente sviluppato. Particolare attenzione è stata dedicata ai progetti incentrati su modelli di riqualificazione urbana basati sul concetto di città intelligente e sull'uso della tecnologia come strumento abilitante per la riconversione smart dell'ambiente urbano, e che mettessero l'accento su temi come la sostenibilità e la sicurezza energetica, la implementazione di un modello energetico comunitario "dal basso" e lo sviluppo di opportunità e benefici per il territorio, ponendo al centro le persone, il contesto urbano, il paesaggio. Le esperienze più interessanti sono risultate la "CommOn Light", Comunità Energetica e Rinnovabile di Ferla (SR), nata dalla collaborazione tra il Comune e l'Università di Catania¹ e la Energy Community di Gand (BG), nata dalla cooperazione tra la amministrazione Comunale, la Ecopower, cooperativa energetica con ruolo di aggregatore-incentivatore e la EnergGent cooperativa che promuove la installazione di impianti fotovoltaici su spazi pubblici e privati, entrambe riconducibili ad un modello "public lead". La Energy community di Graz² (AT) e la Comunità Energetica e solidale di Napoli Est³ entrambe riconducibili ad un modello "pluralista". La Comunità Energetica di Castellana Sicula (PA), basata su di un di un modello energetico di poligenerazione diffusa e integrata realizzato e promosso dell'Agenzia di Sviluppo delle Madonie⁴ e la comunità energetica di Bicari (FG) promossa dall'agenzia regionale per le Case popolari in qualità di CEB (Community Energy Builder) con il supporto tecnico-operativo di "Énostra" cooperativa di fornitura di ener-

jects and top-down processes of engagement and participation; a "pluralist" model based on a strong role of the community and bottom-up processes of engagement and participation; and a "community energy builder" or mixed model (De Vidovich *et al.*, 2021). In the wake of this research, our study was developed through the selection and further investigation of examples, whose contexts of application, fields of action and characterisations present particular similarities with the subsequent case study. Particular attention was dedicated to projects centred on "models of urban requalification" rooted in the concept of intelligent city and in the use of technology as an enabling tool for the smart reconversion of the urban environment. This was coupled with a focus on themes of sustainability and energy security, the implementation of a "bottom-up" community

These sources are accompanied by the results of research conducted, again in Italy, by the team comprising RSE (Ricerca Sistema Energetico) and the Luiss Business School. In addition to proposing an updated mapping of RECs in Italy, this work also presents a classification based on three organisational models: a "public lead" model based on the strong role of public sub-

gia elettrica rinnovabile, sostenibile ed etica⁵, entrambe riconducibili ad un modello “Community Energy Builder”.

La lettura comparata delle principali caratteristiche delle best practices analizzate, effettuata mediante una matrice di interazione semplice (Fig. 1), ha restituito una sostanziale uniformità dal punto di vista del contesto di intervento (l’ambiente urbano) e delle tecnologie utilizzate (prevalentemente fotovoltaico integrato negli edifici e/o negli spazi pubblici), fatta eccezione per la Energy Community di Graz che adotta impianti eolici, e la Comunità Energetica di Castellana Sicula che adotta un modello energetico di poli-generazione diffusa. Non emerge la adozione di criteri specifici orientati alla valutazione predittiva della compatibilità ambientale degli interventi di integrazione impiantistica, specie nei casi in cui questi risultano distribuiti sul territorio e non circoscritti al solo ambiente urbano, come da alcuni studi auspicato al fine di «[...] governare la complessità delle relazioni fra infrastrutture (sistemi) energetiche e paesaggi» (Ginelli and Daglio, 2016).

Sulla scorta dei riferimenti ed esempi analizzati, è stato possibile individuare i principali requisiti normativi, regolamentari, socio-economici e progettuali necessari allo sviluppo di una CER e individuare nella valutazione delle implicazioni di carattere paesaggistico ed urbano l’oggetto di studio del presente lavoro. Lo studio si è quindi concentrato sulla applicazione sperimentale di detti requisiti al caso studio.

La verifica di fattibilità, condotta secondo un approccio multi scalare e gerarchicamente ordinata rispetto al quadro sinottico dei beni culturali e paesaggistici presenti sul territorio, ha permesso di individuare tre differenti tipologie di aree tematiche di intervento:

energy model, and the development of opportunities and benefits for the territory, centred around people, the urban context and the landscape.

The most interesting experiences observed were: “CommOn Light”, Comunità Energetica e Rinnovabile di Ferla (SR), born of the collaboration between local government and the University of Catania¹; Energy Community di Gand (BG), born of the cooperation between local government, Ecopower, an energy cooperative fulfilling the role of an aggregator-stimulator, and EnergGent, a cooperative that promotes the installation of photovoltaic systems in public and private spaces, both linked to a “public lead” model; the Energy community of Graz² (AT) and the Comunità energetica e solidale di Napoli Est³, both based on a “pluralist” model; the Comunità Energetica di Castellana Sicula

(PA), based on a diffuse and integrated polygeneration energy model implemented and promoted by the Agenzia di Sviluppo delle Madonie⁴, and the comunità energetica di Biccari (FG), promoted by the agenzia regionale per le Case popolari acting as CEB (Community Energy Builder) with the technical-operative support of Ęnostra, a cooperative supplying renewable, sustainable and ethical electricity⁵, both of which adopt a “Community Energy Builder” model.

A comparative study of the principal characteristics of the best practices analysed, using a simple interaction matrix (Fig. 1), describes the substantial uniformity of sites (the urban environment) and technologies (primarily photovoltaic integrated within buildings or public spaces), with the exception of the Energy community of Graz, which adopts wind generators,

Comunità Energetica Rinnovabile	Interventi ambiente urbano	Progettazione architettonica del paesaggio	Tecnologie rinnovabili su risorse locali
Gand (BE)	X		●
Ferla (SR)	X		●
Graz (AT)	X		●
San Giovanni a Teduccio (NP)	X		●
Biccari (LE)	X		●
Blufi, Parco delle Madonie (PA)	X		●

Aree tematiche di intervento

- Modello “public lead”
- Modello “pluralista”
- Modello “Community Energy Builder”

L’area della integrazione architettonica nelle aree di nuova espansione urbana

A partire dalle indicazioni fornite dagli strumenti di pianificazione, la riflessione sulle nuove dotazioni urbane e territoriali (pubbliche e private) può consentire di individuare opportunità di integrazione capaci di coniugare le utilità delle infrastrutture impiantistiche per la produzione energetica con la dotazione di nuovi servizi e funzionalità a servizio della città e/o delle attività produttive (Fig. 5).

L’area della integrazione architettonica nel patrimonio edilizio pubblico

Iniziative di rigenerazione edilizia ed urbana di immobili e aree pubbliche possono diventare volano per interventi di integrazione di iniziativa pubblica mirati al sostegno ed alla autoproduzione del fabbisogno energetico collettivo.

L’area della riconversione energetica del tessuto edilizio privato

Iniziative di sostegno alla riqualificazione energetica del patrimonio edilizio privato, supportate da politiche incentivanti, possono diventare volano per interventi di integrazione tecnologica mirate ad ampliare autoproduzione ed autoconsumo a copertura del fabbisogno energetico privato.

Ciascuna area tematica è stata indagata dal punto di vista geo-morfologico, urbanistico (programmazione e vincoli),

and the Comunità Energetica di Castellana Sicula, which opts for a diffuse model of polygeneration. The analysis did not reveal the adoption of specific criteria to evaluate the environmental compatibility of projects using integrated systems, especially when they are distributed across the territory and not limited to the urban environment, as hoped for in some studies in order to «[...] govern the complexity of relations between energy infrastructures (systems) and the landscape» (Ginelli and Daglio, 2016).

The analysis of these references and examples made it possible to identify the principal legislative, regulatory, socio-economic and design requisites necessary to develop an REC, and to define the evaluation of implications on the landscape and urban environment as the object of this study.

Hence, the study moved on to the ex-

perimental application of these requisites to the case study.

The adoption of a multi-scale and hierarchically ordered approach to verifying feasibility, related to the synoptic framework of cultural and landscape heritage present in the territory, led to the identification of three different typologies of thematic areas of intervention:

The area of Architectural Integration in New Urban Expansion

Beginning with the indications provided by planning instruments, a reflection on new urban and territorial services (public and private) may suggest opportunities for integration that make it possible to combine the utility of energy producing infrastructures with the provision of new services and functions for the city and/or productive activities.

ambientale, edilizio, demografico ed energetico (tipologia di utenze, articolazione del fabbisogno, fonti rinnovabili localmente disponibili). Quest'ultimo articolato con riferimento alle tipologie di utenza sia pubblica sia privata (Figg. 2, 3, 4, 5).

Risultato del lavoro è stata la costruzione di un elaborato meta-progettuale articolato per ambiti di intervento coerenti con gli obiettivi di sviluppo urbanistico-edilizio e di tutela del territorio fissati dalla Amministrazione locale, opportunamente corredato da una attenta analisi sia dal punto di vista della individuazione del soggetto attuatore (Pubblico o privato) sia dal punto di vista del contributo che le singole azioni progettuali

potranno fornire alla autoproduzione e/o autosufficienza energetica della Comunità locale (Figg. 6, 7, 8).

Conclusioni

L'esperienza ha fatto emergere il ruolo che una CER può svolgere per la rigenerazione urbana e paesaggistica dei territori interni e dei Centri Storici Minori Italiani, a condizione di adottare un approccio progettuale olistico e multidisciplinare, orientato a ripensare detti territori in un'ottica di valorizzazione e rilancio. Ottica difficilmente riscontrabile nella semplice implementazione impiantistica, seppure rinnovabile. Lo studio ha inoltre posto le basi per la definizione di una me-



Metodologia tesa a definire le sinergie tra le scelte di pianificazione territoriale/urbana e le scelte energetiche effettuate a livello locale.

Metodologia basata su di un approccio multilivello, che consenta di prefigurare i nuovi scenari di intervento dal punto di vista delle strategie insediative, impiantistiche, energetiche e della messa in campo di azioni per il sostegno della collettività, in termini di formazione alle nuove tecnologie e creazione di nuove competenze e opportunità occupazionali.

Ambiti in cui gli Enti di ricerca possono fornire il loro contributo alle Municipalità in termini di individuazione delle migliori soluzioni per la produzione di energia pulita, l'efficienza, il minor consumo di suolo, la resilienza ai cambiamenti climatici. Ulteriori destinatari sono le amministrazioni di governo del ter-

ritorio (Regioni) che volessero dotarsi di strumenti/regolamenti innovativi ed integrati che contemplino il censimento delle risorse rinnovabili localmente disponibili, la tutela e valorizzazione del territorio, le azioni di costituzione delle CER. Non ultime le società energetiche (ESCO) coinvolte in detti processi.

NOTE

¹ Iniziativa pubblica orientata alla installazione e la messa in rete di impianti fotovoltaici sugli edifici pubblici e privati e sulla contestuale attivazione di percorsi di formazione con laboratori di economia circolare

² Iniziativa basata sulla creazione di distretti urbani efficienti dal punto di vista energetico, del risparmio di risorse e a basse emissioni.

³ Iniziativa basata su di un processo virtuoso di sensibilizzazione ai temi energetici in un quartiere di fragile costituzione socioeconomica, servito da



BP - Boschi

UCP - Prati e pascoli naturali

UCP - Aree di rispetto dei boschi
(100 m - 50 m - 200 m)

un impianto fotovoltaico realizzato sulla copertura della Fondazione “Famiglia di Maria”.

⁴ Iniziativa basata su di un modello energetico che combina la risorsa solare con quella agroforestale, attraverso la realizzazione di un sistema di impianti ibridi di piccola scala (fotovoltaico e biomassa) distribuiti sul territorio, che consente di coniugare il recupero di aree pubbliche degradate, con il sostegno produttivo e sociale. La complementarità stagionale delle due risorse consente di coprire in forma equilibrata la domanda, mentre la piccola scala garantisce il rispetto del paesaggio e la valorizzazione della biomassa locale.

⁵ Iniziativa basata sulla installazione di impianti fotovoltaici per l'autoconsumo e il contrasto alla povertà energetica.

REFERENCES

Aggeli, A. (2022), “Energy communities: engaging people and technologies in the future of energy”, *ERJ Open Research*.

Alagirisamy, B. and Ramesh, P. (2022), “Smart sustainable cities: Principles and future trends”, *Sustainable Cities and Resilience: Select Proceedings of VCDRR*, pp. 301-316.

Barroco F., Cappellaro F. and Palumbo C. (2000) (Eds.), “Le comunità energetiche in Italia, Una Guida per Orientare i Cittadini nel Nuovo Mercato Dell'energia”. Available at: https://iris.enea.it/retrieve/dd11e37c-eaac-5d97-e053-d805fe0a6f04/Guida_Comunita-energetiche.pdf (Accessed on 25/02/ 2023).

Borràs, I.M., Neves, D. and Gomes, R. (2023), “Using urban building energy modeling data to assess energy communities potential”, *Energy and Buildings*, 112791.

De Lotto, R., Moroni S. and De Franco, A. (2023), “Energy communities in smart urban ecosystem. Institutional, organisational, psychological, techno-

04 |



BP - Zone gravate da usi civici

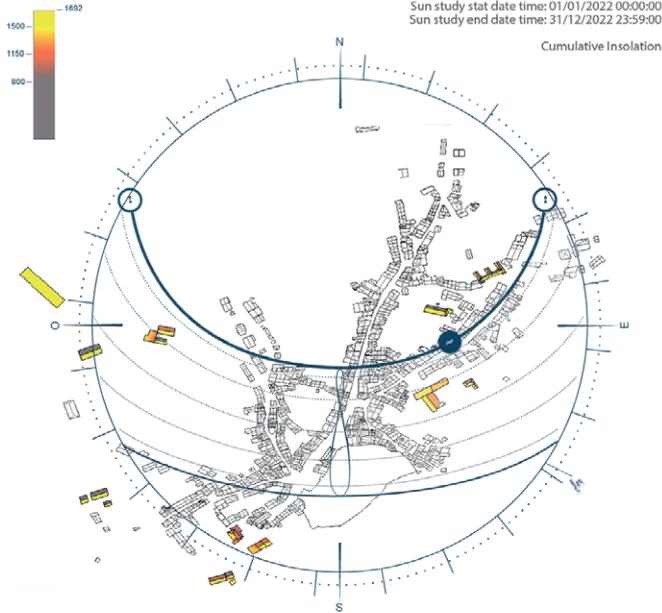
Città consolidata

Testimonianza della Stratificazione insediativa

Fabbricati di appartenenza privata

Strade a valenza paesaggistica

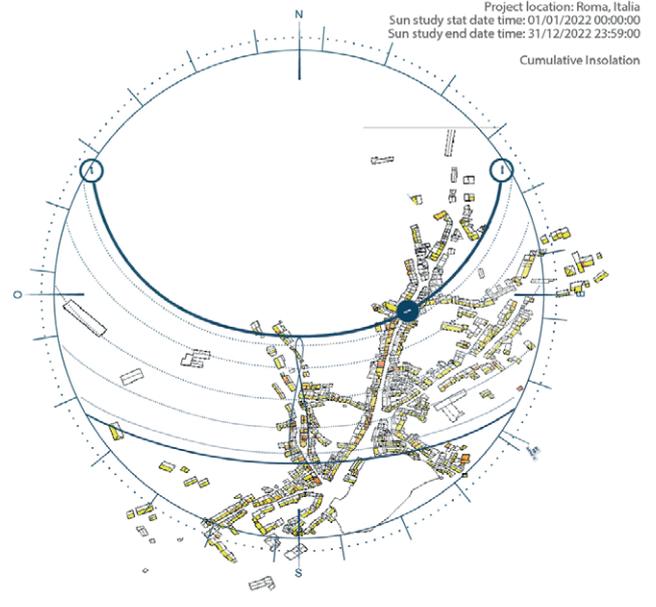
Solar Energy (kW/m²)



Tipo di studio: Energia solare annuale
 Personalizzazione: selezione superfici

Risultati
 Produzione di energia fotovoltaica: 553.583 kWh/a
 Risparmi energetico: 83.038 kWh/m²

Compensazione energetica dell'edificio:
 2.732 m² area delle superfici analizzate
 Anni di ritorno: 17,1



Tipo di studio: Energia solare annuale
 Personalizzazione: selezione superfici

Risultati
 Produzione di energia fotovoltaica: 1.823.698 kWh/a
 Risparmi energetico: 273555 kWh/m²

Compensazione energetica dell'edificio:
 7.791 m² area delle superfici analizzate
 Anni di ritorno: 12,8

Fabbisogno Comune:

Tipo di utenza	Alloggi	Fabb. unitario	Fabbisogno totale
Fabbisogno residenziale	370	3194,00	1181780,00 [kWh/a]
Fabbisogno pubblico	3	16200,00	48600,00 [kWh/a]
Fabbisogno produttivo	10	33266,85	332668,50 [kWh/a]
Totale fabbisogno Comune			1230380,00 [kWh/a]

Risultati

Potenza dell'impianto necessaria 140 [kW]

Potenza impianto previsto da progetto 142 [kW]

The area of Architectural Integration within Existing Public Building Stock
 Initiatives for the regeneration of public buildings and urban areas have the power to become a driver of publicly sponsored integration projects aimed at supporting and encouraging self-production of collective energy needs.

The area of Energy Reconversion of Private Buildings
 Initiatives to support the energy requalification of private buildings, supported by incentives, can become a driver of technological interventions aimed at increasing self-production and self-consumption that supply the energy needs of private subjects.

Each thematic area was explored in terms of geomorphology, urban planning (programming and restrictions), environment, building, demographics and energy (typology of users, articu-

lation of needs, locally available renewable sources). The latter structured with reference to both public and private user typologies (Figs. 2, 3, 4, 5). This work was used to produce a meta-design document structured by areas of intervention, and consistent with the objectives of urban-building development and the preservation of the territory established by the local government. This material was accompanied by an attentive analysis of the implementing subject (public or private) and the contribution of individual design actions to energy self-production and/or self-sufficiency in the local community (Figs. 6, 7, 8).

Conclusions

The experience revealed the role of an REC in the regeneration of urban areas and landscapes in inland territories and minor historical settlements in It-

aly, under the condition we adopt a holistic and multidisciplinary approach oriented toward rethinking these territories with a view to promote and relaunch them.

It is difficult to find such an approach in the simple introduction of power generating systems, even renewable. The study has also laid the foundations for the definition of a methodology to identify synergies between territorial and/or urban planning choices and energy ones, made at the local level. The methodology is based on a multi-level approach, which makes it possible to prefigure new intervention scenarios for settlement, plant and energy strategies, and for the implementation of actions that support the community, in terms of training in new technologies and the creation of new skills and employment opportunities. All areas in which research Institutions

can provide their contribution to Municipalities to identify the best solutions to achieve clean energy production, efficiency, less land consumption, and resilience to climate change.

Further beneficiaries include Regional governments interested in adopting innovative and integrated tools/regulations that contemplate the census of locally available renewable resources, protection and enhancement of the territory, and actions for the establishment of CERs. Last but not least, the energy companies (ESCOs) involved in these processes.

NOTES

¹ Public initiative aimed at installing and networking photovoltaic systems on public and private buildings, and the simultaneous activation of training courses with circular economy laboratories.

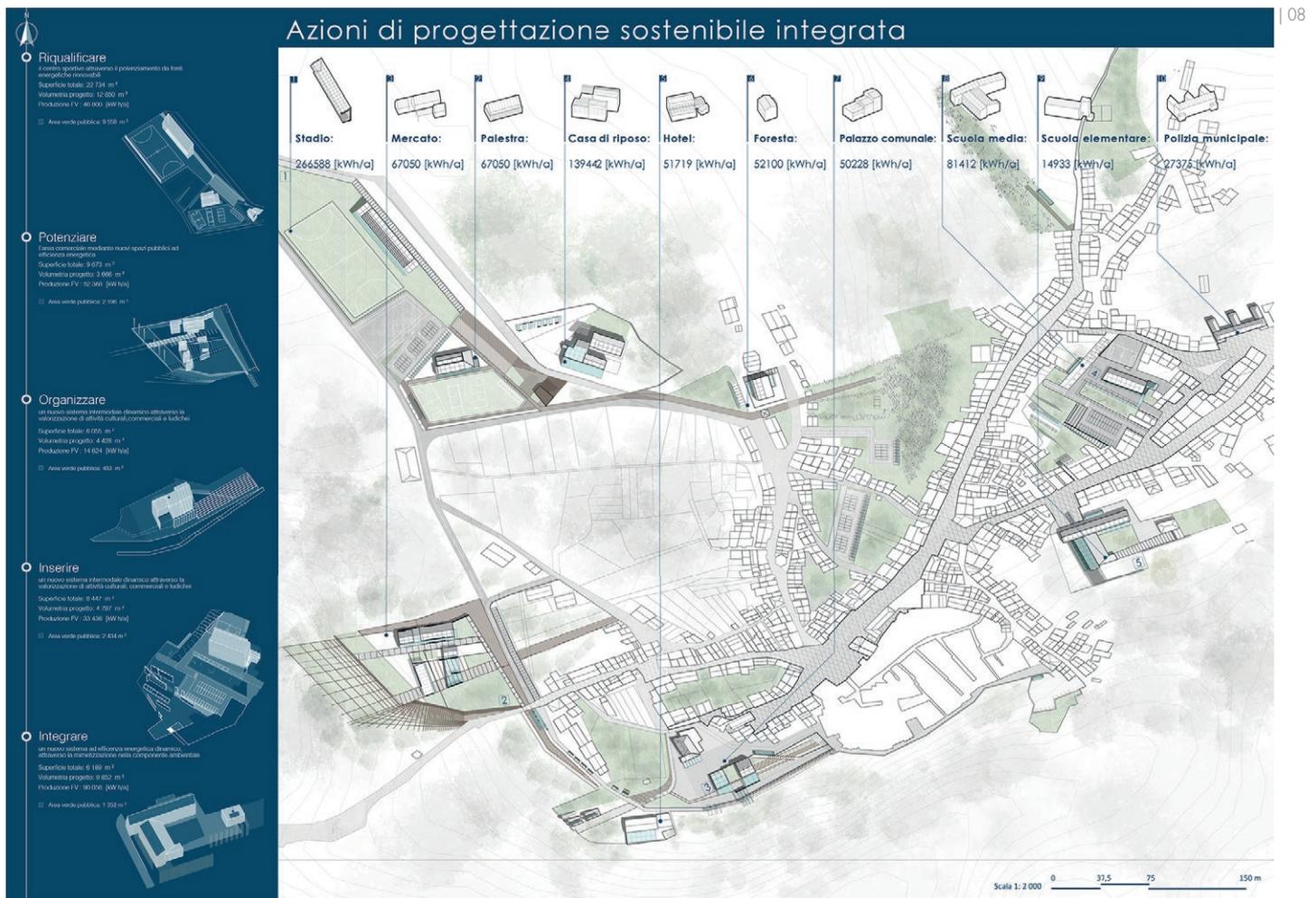
06 | Concept di progettazione integrata: aree di potenziale integrazione fotovoltaica nel tessuto edilizio privato (autore: Arch. Elena Di Giuseppe)

Integrated design concept: areas of potential photovoltaic integration in the private buildings (author: Arch. Elena Di Giuseppe)

07 | Concept di progettazione integrata: aree di potenziale integrazione architettonica nel patrimonio edilizio pubblico (autore: Arch. Elena Di Giuseppe)

Integrated design concept: areas of potential architectural integration in the public buildings (author: Arch. Elena Di Giuseppe)





² Initiative based on the creation of energy-efficient, resource-saving and low-emission urban districts.

³ Initiative based on a virtuous process of awareness of energy issues in a fragile socio-economic constitution, served by a photovoltaic system built on the roof of the “Famiglia di Maria” Foundation.

⁴ Initiative based on an energy model that combines solar resources with agroforestry, through the creation of a system of small-scale hybrid plants (photovoltaic and biomass) distributed throughout the territory. It allows to combine the recovery of highly degraded public areas with productive and social support. The seasonal complementarity of the two resources makes it possible to cover the demand in a balanced way, while the small scale guarantees respect for the landscape and value enhancement of the local biomass.

⁵ Initiative based on the installation of photovoltaic systems for self-consumption and the fight against energy poverty.

- logical issues” in: Sokółowski, M.M. and Visvizi, A., (Eds.), “*Routledge Handbook of Energy Communities and Smart Cities*”, Routledge, Taylor and Francis.
- De Pascali P. (2008), *Città ed Energia. La valenza energetica dell'organizzazione insediativa*, Franco Angeli, Milano.
- De Vidovich L., Tricarico, L. and Zulianello M. (2001), *Community Energy Map. Una ricognizione delle prime esperienze di comunità energetiche rinnovabili*, Franco Angeli.
- European Commission (2011), *COMM (2011) 885, Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European economic and social committee and the committee of the regions, energy roadmap 2050*, Bruxelles.
- European Commission (2016), “Urban Agenda for the EU”. Available at: <https://ec.europa.eu/futurium/en/urban-agenda-eu/what-urban-agenda-eu.html> (Accessed on 01/03/2023).
- European Commission (2019), “Clean energy for all Europeans package”. Available at: https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-strategy/clean-energy-all-europeanspackage_en (accessed on 01/03/2023).
- Gerundo, R., Marra, A. and Grimaldi, M. (2022), “A Preliminary Model for promoting Energy Communities in Urban Planning”, *International Symposium on New Metropolitan Perspectives: Post COVID Dynamics: Green and Digital Transition between Metropolitan and Return to Villages Perspectives*, pp. 2833-2840.
- Ginelli, E. and Daglio, L. (2016), “Le infrastrutture per le energie rinnovabili nel paesaggio. Strumenti di progetto e traiettorie dell'innovazione.- Infrastructures for renewable energies in landscape. Design tools and innovation trends”, *TECHNE Journal of Technology for Architecture and Environment*, Vol. 11, pp. 119-126.
- Hamann, K.R.S, Bertel, M.P, Ryszawska, B., Lurger, B., Szymański, P., Rozwadowska, M., Goedkoop, F., Jans, L., Perlaviciute, G. and Masson, T. (2023), “An interdisciplinary understanding of energy citizenship: Integrating psychological, legal, and economic perspectives on a citizen-centred sustainable energy transition”, *Energy Research & Social Science*, Vol.97, 102959.
- Owens, S. (1986), *Energy, Planning and Urban Form*, Pion Limited, London.
- Parlamento e Consiglio Europeo (2018), *Direttiva (Ue) 2018/2001 sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili*, Bruxelles.
- Parlamento e Consiglio Europeo (2019), *Direttiva (Ue) 2019/944 relativa a norme comuni per il mercato interno dell'energia elettrica che modifica la direttiva 2012/27/UE*, Bruxelles.
- Ramirez-Cobo, I., Debizet, G. and Tribout, S., (2022), “Anticipating energy communities in urban projects: Challenges and limits”, *Local Energy Communities*, pp. 87-104.
- Rossetto, N. (2022), *Le comunità di energia rinnovabile per una transizione energetica più partecipata e sostenibile*, Il Mulino.

Davide Astiaso Garcia¹, <https://orcid.org/0000-0003-0752-2146>

Adriana Scarlet Sferra¹, <https://orcid.org/0000-00001-7151-8235>

Elisa Pennacchia², <https://orcid.org/0000-0001-8775-9711>

¹ Dipartimento di Pianificazione, Design e Tecnologia dell'Architettura Sapienza Università di Roma, Italia

² Dipartimento di Architettura e Progetto Sapienza Università di Roma, Italia

davide.astiasogarcia@uniroma1.it

adriana.sferra@uniroma1.it

elisa.pennacchia@uniroma1.it

Abstract. L'originalità del contributo ha messo a punto, per la decarbonizzazione delle isole del Mediterraneo, un toolkit. La metodologia ha sviluppato aspetti di metodo, competenze e risultati: coordinando ed elaborando ad hoc strumenti, analizzando tre scenari alternativi di penetrazione delle rinnovabili nel sistema energetico al 2030, in una logica di integrazione fra tecnologie, settori produttivi e fondi disponibili. Le risultanze della ricerca cofinanziata dal programma europeo Interreg Med (2014-2020), supportano l'Ente locale: implementando le strumentazioni si producono metodi e banche dati più efficaci per la programmazione e la gestione nel tempo degli interventi verso la transizione, anche culturale, con il supporto delle comunità energetiche.

Parole Chiave: Decarbonizzazione; Elettificazione; Efficienza energetica; Energia rinnovabile; Comunità energetiche.

Il contesto

Per indirizzare e supportare il passaggio da una economia lineare, di consumo indiscriminato di risorse non rinnovabili e di produzione di rifiuti ed emissioni inquinanti, verso un modello caratterizzato dalla circolarità dei processi in tutti i settori produttivi, è determinante il ruolo del modello energetico come testimoniato, ad esempio, dall'evoluzione del quadro normativo europeo con il “pacchetto *fit for 55%*” (European Parliament, 2021).

In Italia i target fissati dal Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima – PNIEC (MASE, 2020) prevedono, oltre alla completa uscita dal carbone entro il 2025, anche la copertura da Fonti Energetiche Rinnovabili (FER) di più della metà dei consumi lordi di energia elettrica entro il 2030.

Attualmente, la penetrazione di fonti rinnovabili è del 36%, al di sotto degli obiettivi e molto lenta: occorre nei prossimi nove anni raddoppiarne la potenza installata altrimenti l'obiettivo

del 72% per contenere le emissioni di gas serra del 55% netto (rispetto al 1990) sarà raggiunto solo nel 2071 (GSE, 2019).

Per questi motivi, fra le soluzioni che coinvolgono gli ormai indilazionabili interventi – alle diverse scale – sull'ambiente costruito, un ruolo significativo che caratterizza la ricerca che qui si presenta, è affidato alla transizione dall'attuale modello energetico centralizzato alimentato da fonti fossili verso un modello distribuito, digitalizzato, dinamico e alimentato da FER in grado di promuovere comunità resilienti, inclusive, eco-solidali e dove maturano nuovi stili di vita.

Il processo di “elettificazione rinnovabile” per integrare FER e mix di FER nel sistema elettrico, è una scelta obbligata per raggiungere i target di decarbonizzazione al 2030 fissati dall'UE. Invece, lo scenario 100% di penetrazione delle rinnovabili per poter raggiungere la neutralità carbonica al 2050 è una grande sfida tecnico-economica, sociale e culturale, la cui attuazione richiede una serie di azioni condivise tra tutti gli stakeholder per gestire gli impatti sulla rete attuale e garantire la sicurezza, adeguatezza, qualità, efficienza e resilienza nel passaggio dal sistema monodirezionale a un sistema con flussi di energia elettrica a più direzioni, ad alta volatilità e bassa prevedibilità. Affinché la domanda sia soddisfatta, ogni ora di ogni giorno, (Heydari *et al.*, 2020) sono necessari investimenti per il potenziamento della rete elettrica e delle interconnessioni import/export con l'estero e, al contempo, nuove regole sul funzionamento del mercato per assicurare agli investitori prezzi dell'elettricità competitivi (Cieplinski *et al.*, 2021).

Energy independence and decarbonisation: a new approach for Mediterranean islands

Abstract. The original feature of this paper is the development of a toolkit for the decarbonisation of Mediterranean islands. The defined methodology was aimed to develop framework, skills and capabilities, coordinating and tailoring predictive assessment tools, analysing three alternative scenarios for the penetration of renewable sources into the energy system by 2030, consistently with a rationale of integration between technologies, production sectors and available funds. The findings of the research cofinanced by the European Programme Interreg Med (2014-2020) support Local Authorities by developing more effective methods and databases to plan and manage interventions in favour of the energy and cultural transition also through energy communities.

Keywords: Decarbonisation; Electrification; Energy efficiency; Renewable energy; Energy communities.

The context

The role of the energy model is decisive to steer and support the transition from a linear economy with indiscriminate consumption of non-renewable resources and production of waste and polluting emissions, towards a model characterised by circular processes in all production sectors. This is also evidenced, for example, by the evolution of the European regulatory framework with the “fit for 55% package” (European Parliament, 2021).

In Italy, the targets set by the Integrated National Energy and Climate Plan (MASE, 2020) expect, in addition to the complete carbon phase out by 2025, RES coverage of more than half of gross electricity consumption by 2030.

Currently, the penetration of renewables in Italy is 36%, which is far below the target, and is growing slowly. It is

necessary to double the installed capacity of renewables in the next nine years, otherwise the 72% target to limit greenhouse gas emissions by a net 55% (compared to 1990) will only be reached in 2071 (GSE, 2019).

For these reasons, among the solutions that involve the now urgent interventions – at different scales – on the built environment, a significant role highlighted in this research is the transition from the current centralised and fossil-fuelled energy model to a distributed, digitised, dynamic model fuelled by Renewable Energy Sources (RES) capable of promoting resilient, inclusive, eco-friendly communities. A setting that favours new lifestyles.

The process of “renewable electrification” to integrate RES and RES-mixes into today's fossil-fuelled electricity system is a must to achieve the EU's 2030 decarbonisation targets.

Occorrono ingenti investimenti in Ricerca e Sviluppo (R&S), ad esempio nelle tecnologie di accumulo (giornaliero e stagionale) essenziali nella gestione dell'intermittenza delle FER (IEA, 2022).

Come anticipato, è certamente necessaria una rivoluzione elettrica ma, dal momento che la risposta a un problema articolato e complesso non è riconducibile soltanto ad aspetti tecnico-economici e non può essere affrontata settorialmente, occorre soprattutto una rivoluzione culturale promotrice di nuovi stili di vita in grado di sollecitare la responsabilità civile su questi temi e di sviluppare una diffusa consapevolezza e condivisione sui temi ambientali.

In questo senso sono orientate iniziative quali le Comunità Energetiche Rinnovabili (CER) (ARERA, 2020). Oltre ai vantaggi economici, di sicurezza nell'approvvigionamento e riduzione degli impatti ambientali, hanno una valenza/missione sociale e di aggregazione.

In questo contesto è fondamentale anche il ruolo della riduzione dei consumi in ogni settore produttivo sia per gestire la disponibilità delle rinnovabili sia per modificare gli stili di vita.

Nello specifico del settore edilizio, la riduzione dei consumi "costruendo sul costruito" per non consumare altro suolo, si svolge nel rispetto della nuova direttiva sulla prestazione energetica degli edifici (European Commission, 2021).

Il percorso verso la decarbonizzazione quindi, richiede innanzitutto di individuare le esigenze energetiche di un territorio per, in seguito, proporre soluzioni che tengano compresenti e valutino al contempo aspetti ambientali, economici, culturali e sociali per la loro riduzione e copertura esclusivamente con fonti rinnovabili (De Pascali *et al.*, 2020).

Instead, the 100% renewables penetration scenario to achieve carbon neutrality by 2050 is a major technical-economic, social and cultural challenge that requires a series of shared actions among all stakeholders. In particular, it is important to manage the impacts on the current grid and to ensure safety, adequacy, quality, efficiency and resilience in the transition from a one-way system to a system with multi-directional, highly volatile and low predictability power flows. Investments are needed to upgrade the electricity grid and import/export interconnections with foreign countries to ensure that demand is met every hour of every day (Heydari *et al.*, 2020); at the same time new rules on market operation are needed to ensure competitive electricity prices for investors (Cieplinski *et al.*, 2021). Huge investments in Research and

Development (R&D) are needed, for example, in storage technologies (daily and seasonal), which are essential in managing the "intermittency" of RES (IEA, 2022).

As mentioned earlier, an electrical revolution is certainly necessary, but the answer to a complex and articulated problem can neither be traced solely to technical-economic aspects nor tackled sector by sector. Above all, it needs a cultural revolution that promotes new or different lifestyles capable of stimulating civic responsibility on these issues and of developing widespread awareness and sharing on environmental issues.

Initiatives such as the Renewable Energy Communities (RECs) are oriented in this direction (ARERA, 2020). In addition to the economic benefits, reliable supplies and low environmental impacts, both have a social and aggregate

In questo contesto, il mar Mediterraneo e le sue isole, possono configurarsi come un laboratorio con l'obiettivo di sperimentare modalità per attuare e accelerare la transizione energetica, assumendo, come tante volte in passato un ruolo centrale.

Numerosi studi condotti identificano nelle isole contesti privilegiati, adatti a raccogliere la sfida, attuare gli interventi e trasferire i risultati: elevata disponibilità di rinnovabili (Kuang *et al.*, 2016), ridotta accessibilità ed infrastrutturazione, alto costo di produzione dell'energia, economia basata sul turismo stagionale che "stressa" il sistema energetico (MISE, 2017). Spesso, sono piccole comunità dove è possibile testare più agevolmente la condivisione e l'impatto (sociale/economico/ambientale) dell'elettrificazione sui soggetti coinvolti (governance, cittadini, imprese).

Da segnalare infine che da diversi decenni la cooperazione internazionale, promuovendo i principi della conservazione delle diverse identità culturali e dello sviluppo sostenibile, ha favorito la creazione di istituzioni, convenzioni e programmi a livello regionale quali il partenariato Euromediterraneo e l'Unione per il Mediterraneo.

In tale quadro, la ricerca PRISMI – Promoting RES Integration for Smart Mediterranean Islands cofinanziata dal Fondo Europeo di Sviluppo Regionale (FESR), si colloca coerentemente all'interno del Interred Med Programme 2014-2020 (Hoseinzadeh *et al.*, 2022; Astiaso Garcia *et al.*, 2022).

Approccio, metodologia e sviluppo della ricerca

Obiettivo della ricerca è agevolare l'Ente Locale nel percorso verso la transizione energetica.

La metodologia, sotto forma di un toolkit, identifica le RES utilizzabili, valuta l'impatto economico e ambientale di quelle

gation value/mission.

In this context, the role of optimisation in each production sector is also crucial, both to manage the availability of renewables and to change lifestyles. Specifically in the AECO sector, the reduction of consumption and "building on what has been built" to consume no more soil is carried out in compliance with the new directive on the energy performance of buildings (European Commission, 2021).

Hence, the path to decarbonisation first requires identifying the energy needs of an area, and then proposing solutions that simultaneously take into account and evaluate environmental, economic, cultural and social aspects for their reduction and coverage exclusively with renewable sources (De Pascali *et al.*, 2020).

In this context, the Mediterranean Sea and its islands can become a laboratory

to test ways to implement and accelerate the energy transition. Indeed, as many times in the past, the Mediterranean can take on a central role.

Several studies identify the islands as privileged settings suitable to take up the challenge, implement the interventions and transfer the results, considering the high availability of renewables (Kuang *et al.*, 2016), low accessibility and few infrastructures, high cost of energy production, economy based on seasonal tourism that "stresses" the energy system (MISE, 2017).

Often, these are small communities where it is easier to test the sharing and electrification impact (social, economic, environmental) on stakeholders (governance, citizens, businesses). Finally, it should be noted that for several decades international cooperation promoting the principles of preservation of different cultural identities and

selezionate, indirizza la progettazione per il dimensionamento ottimale di RES e stoccaggio in funzione dei consumi energetici e dell'impatto sulla rete elettrica dell'isola (PRISMI, 2018).

Il toolkit, attraverso l'utilizzo e le sinergie fra strumenti di simulazione, supporta progettisti e pianificatori, consente di sviluppare scenari energetici ed analisi di fattibilità tecnico-economica finalizzate alla maggiore penetrazione delle FER sulle reti insulari.

La metodologia è articolata nelle fasi che qui di seguito sinteticamente si illustrano (Fig. 1).

Step 1: stima dei consumi energetici

Per quanto riguarda l'ambiente costruito la procedura, finalizzata alla mappatura del fabbisogno energetico, tiene conto delle caratteristiche e destinazione d'uso del territorio, della tipologia dei consumi, delle modalità e procedure per il loro calcolo, dei dati disponibili e dati da rilevare, della valutazione degli sprechi, delle "soglie" di accettabilità per possibili interventi di riduzione degli eccessi e rimozione delle cause.

Step 2: stima della producibilità da FER

Per quanto riguarda l'ambiente naturale, la mappatura delle FER fornisce i dati sul potenziale di risorse rinnovabili per la produzione di energia. La procedura considera: le caratteristiche del territorio, la disponibilità e caratteristiche delle rinnovabili, il dimensionamento della quantità globale di energia utilizzabile, modalità e vincoli per la loro captazione ed utilizzazione, individuazione di "soglie" di accettabilità ed utilizzabilità, individuazione di possibili fattori di inquinamento.

Per quanto riguarda la qualità dei dati di input per ognuno de-

sustainable development has encouraged the creation of institutions, conventions and programmes at Regional level, such as the Euro-Mediterranean Partnership and the Union for the Mediterranean.

In this framework, the PRISMI - Promoting RES Integration for Smart Mediterranean Islands research co-funded by the European Regional Development Fund, is coherently placed within the Interred Med Programme 2014-2020 (Hoseinzadeh *et al.*, 2022; Astiaso Garcia *et al.*, 2022).

Research approach, methodology and development

The aim of the research is to facilitate the Local Authority in the process of energy transition. The methodology, presented in the form of a toolkit, identifies the usable Renewable Energy Sources (RES), evaluates the economic

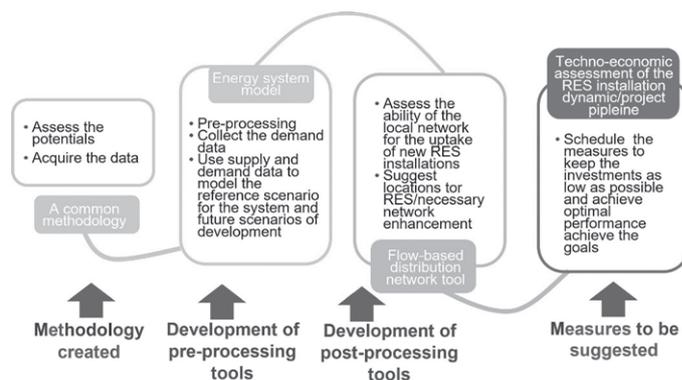
and environmental impact of the selected RES, and guides the design for optimal sizing of RES and storage based on energy consumption and their impact on the island's power grid (PRISMI, 2018).

The toolkit, through the use and synergy of simulation tools, supports designers and planners, and enables the development of energy scenarios and technical-economic feasibility analyses aimed at increasing the penetration of Renewable Energy Sources (FER) in island grids.

The methodology consists of the steps briefly described below (Fig. 1).

Step 1: estimate energy consumption.

As regards the built environment, the procedure aimed at mapping energy requirements takes account of the characteristics and land use, the consumption profile, the methods



gli step precedenti, occorre evidenziare che sono dati primari, in quanto ottenuti da rilevamenti diretti, orari, elaborati incrociando risultati di a) rilievi sul posto; b) foto satellitari; c) dati forniti dall'amministrazione locale. Entrambe le mappature (step 1 e 2) tengono conto di aspetti finanziari: economici, gestionali, valutazione costo/beneficio, "soglie" di convenienza, partenariato pubblico/privato, ruolo ed iniziative della PA in corso ed infine, vengono registrate in un database del Sistema Informativo Geografico (GIS) (Ferrari *et al.*, 2021).

Step 3: analisi tecnologica

Per quanto attiene le tecnologie più appropriate da utilizzare e la loro effettiva applicazione territoriale, la procedura, in coerenza con gli indirizzi di pianificazione energetica delle singole isole, analizza sistemi e dispositivi innovativi per la raccolta e la trasformazione dell'energia, uso innovativo di sistemi tradizionali, mix di sistemi innovativi e tradizionali, nuove tendenze per il trasferimento tecnologico, innovazioni tecnologiche in corso, tempo per il loro utilizzo, eventuali limiti e ulteriori potenzialità.

Si procede con la valutazione della fattibilità dell'implementazione dei sistemi e l'analisi dei vincoli ambientali, paesaggistici e storici dell'area analizzata e degli impatti associati alla costruzione, al funzionamento e alla dismissione degli impianti.

and procedures for calculating them, the data available and the data to be collected, the evaluation of waste and identification of causes, and the "thresholds" of acceptability for possible interventions to reduce excess and remove causes.

Step 2: estimate production from RES

As regards the natural environment, RES mapping provides data on the potential of renewable resources for energy production. The procedure considers: the geomorphology, the availability and characteristics of renewables, the dimensioning of the global amount of usable energy, methods and constraints for their capture and utilisation, identification of "thresholds" of acceptability/usability and of possible pollution factors. Concerning the quality of the input data for each of the above steps, it should be noted

that they are primary data, as they are obtained from direct, hourly, cross-referenced results of a) on-site surveys; b) satellite photos; c) data provided by the local administration. Both mappings (steps 1 and 2) consider financial aspects: economic, management, cost/benefit assessment, convenience "thresholds", public/private partnership, role and current PA initiatives and, finally, they are recorded in a Geographic Information System (GIS) database (Ferrari *et al.*, 2021).

Step 3: Technology Analysis

With regard to the most appropriate technologies and their effective territorial application, the procedure, in accordance with the energy planning guidelines of the individual islands, analyses innovative systems and devices for: energy collection and transformation, innovative use of traditional

Inoltre, sono considerati anche gli interessi degli stakeholder e le caratteristiche morfologiche ed edilizie proprie del contesto locale.

Step 4: elaborazione degli scenari di penetrazione delle FER

Conclusi gli step precedenti, si procede con le simulazioni relative allo sviluppo del sistema energetico secondo tre scenari (orizzonte temporale 2030).

Lo scenario LowRES, rappresenta la situazione *business as usual*; indica che nessuna risorsa di energia rinnovabile è considerata per la produzione di energia (tranne quella già presente nel mix energetico nazionale) e tutta la domanda è coperta dalla rete nazionale quindi, la quota di FER inserita nel sistema è pari zero e nessun intervento è programmato da oggi al 2030.

Lo scenario RES, variabile da > 0 a <100 individua la massima integrazione possibile di FER in funzione dei vincoli ambientali e tecnici imposti dal caso di studio.

Lo scenario HighRES analizza la fattibilità tecnico-economica del sistema energetico dell'isola di diventare autosufficiente: 100% alimentato da FER sfruttando al massimo il loro potenziale e le modifiche alla rete locale.

In termini di risultati la ricerca ha testimoniato la validità (e la flessibilità operativa) del toolkit; gli esiti della modellazione forniscono configurazioni ottimali del sistema elettrico dal punto di vista tecnico-economico e delle riduzioni delle emissioni climalteranti. Per ognuno degli scenari la modellazione valuta la capacità della rete locale di "accogliere" nuove FER, suggerisce l'ubicazione degli impianti, indica il livello necessario di potenziamento richiesto dalla rete ed infine supporta la programma-

systems, mix of innovative and traditional systems, new trends for technology transfer, current technological innovations, time for their use, possible limits and further potential. The feasibility assessment of the system implementation and the analysis of the environmental, landscape and historical constraints of the analysed area, and of the impacts associated with construction, operation and decommissioning of the facilities are carried out. In addition, stakeholder interests and the morphological and construction characteristics of the local context are also considered.

Step 4: development of RES penetration scenarios

After completing the previous steps, simulations are carried out for the development of the energy system according to three scenarios (time horizon 2030).

The LowRES scenario represents the business-as-usual situation. It indicates that no renewable energy resources are considered for energy production (except those already present in the national energy mix), and that all demand is covered by the national grid; therefore, the share of RES penetration into the system is zero and no intervention is planned between now and 2030.

The RES scenario, ranging from > 0 to <100, identifies the maximum possible integration of Renewable Energy Sources (FER) based on the environmental and technical constraints imposed by the case study.

The HighRES scenario analyses the technical-economic feasibility of the island's energy system becoming self-sufficient, 100% powered by FER, maximising their potential and modifications to the local grid.

zione degli interventi e le future attività di *facility management*. In termini di strumenti, sinteticamente descritti in seguito, ognuno degli step è supportato – questo è uno dei caratteri innovativi della ricerca – dall'utilizzo di software open source e software elaborati ad hoc dalla ricerca con i relativi manuali d'uso (PRISMI, 2018).

La mappatura delle FER è stata condotta con il *web tool* Renewables.ninja.

Il PRISMI_Wind speed, un pre-processing tool, calcola la potenza eolica prevista nelle isole del Mediterraneo, sotto forma di una lunga serie oraria annuale.

Per l'analisi del flusso di carico, nel corso della ricerca è stato sviluppato lo strumento Load flow (e il relativo manuale d'uso), un software in grado di importare dati GIS e di metterli in relazione con le caratteristiche della rete elettrica; esso mostra i potenziali conflitti in termini di tensione o capacità di potenza nei punti di connessione selezionati di ogni scenario analizzato. La modellazione è stata condotta con il supporto di EnergyPLAN. Per agevolarne l'interpretazione, è stato sviluppato durante la ricerca un post-processing tool in Microsoft Excel l'EnergyPLAN Model Analysis, aggiornato e testato nei diversi casi di studio, trasforma i risultati in grafici, diagrammi orari, ecc.

Inoltre, la ricerca è caratterizzata dall'integrazione di aspetti transnazionali. La scelta della cornice geografica non circoscritta alle frontiere nazionali, dalla quale "osservare" e analizzare potenzialità e criticità del percorso verso l'obiettivo comune di transizione energetica, ha agevolato: la condivisione, l'acquisizione di nuove competenze per sperimentare e migliorare metodologie, lo sviluppo di nuovi approcci e il consolidamento di una rete di rapporti internazionali fra Università, PMI, Ente Locale.

In terms of results, the research confirmed the validity (and operational flexibility) of the toolkit. The outputs of the model provide optimal configurations of the electricity system from a technical-economic and climate-emission reduction perspective. For each of the scenarios, the model assesses the capacity of the local grid to "accommodate" new RES. It also suggests the location of plants, indicates the necessary level of reinforcement required by the grid and, finally, supports the planning of interventions and future facility management activities.

In terms of tools, each of the steps is supported - and this is one of the innovative features of the research - by the use of open source software and software developed specifically for the study, along with their respective user manuals (PRISMI, 2018).

RES mapping was conducted using the

Web tool Renewables.ninja. The PRISMI_Wind_Calculator pre-processing tool, on the other hand, calculates the expected wind power in the Mediterranean islands in the form of a long annual hourly series.

For the load flow analysis, the load flow tool was developed during the research (and its user guide). It is a software that can import GIS data and correlate them with the characteristics of the electricity grid. It shows potential conflicts in terms of voltage or power capacity at selected connection points of each analysed scenario.

To facilitate interpretation, an EnergyPLAN Model Analysis post-processing tool was developed during the research in Microsoft Excel. This tool has been updated and tested in different case studies and transforms the results into graphs, hourly diagrams, etc.

Furthermore, the research is charac-

Il carattere transnazionale è un valore aggiunto anche per il network attivato dalla ricerca (le amministrazioni locali ne aderiscono gratuitamente).

A titolo esemplificativo, l'illustrazione di uno dei casi studio, l'isola Vis (Croazia) inserita nell'elenco della Rete Ecologica Europea Natura 2000; circa 3600 abitanti insediati su 90,3 km²; agricoltura e turismo caratterizzano l'economia.

La mappatura della domanda di energia fornisce i dati di input per gli scenari di configurazione del sistema energetico; il consumo di elettricità (dati 2016) è di circa 17,6 GWh garantito dal collegamento sottomarino con l'isola di Hvar. (Tab. 1).

Dall'analisi delle tecnologie emerge che dei circa 108630 m² di superficie del centro abitato della città di Komiza, le superfici in copertura effettivamente utilizzabili per l'installazione degli impianti FV sono circa 32589 m². I pannelli sono in grado di fornire una potenza nominale massima di 5MW. La simulazione tiene conto anche dell'impianto FV da 2 MW programmato dall'Ente Locale.

Anche se il potenziale di energia eolica è significativo, il suo utilizzo è limitato dai vincoli ambientali; la biomassa invece viene utilizzata per usi domestici nelle stufe; il potenziale per gli impianti idroelettrici a pompa è limitato dalle normative sulla protezione ambientale e al momento non ci sono sufficienti dati a conferma della fattibilità del loro utilizzo. Tecnologie per sfruttare l'energia delle maree e delle onde, sono poco indagate e mappate per essere incluse nelle analisi.

Gli scenari

LowRES segue le stesse dinamiche di utilizzo delle FER già proposte nei PAES vigenti; RES, aumento dell'uso delle FER tenendo conto dei vincoli ambientali e del quadro legislativo; HighRES, modellazione per un sistema 100% alimentato da FER. I dati sono stati estrapolati dal Piano di Azione per l'Energia elaborato dalla Città di Komiza. (Pfeifer et. al 2017) (Fig. 2).

Negli scenari LowRES e HighRES i valori della domanda sono diversi; la differenza corrisponde alla domanda per i veicoli elettrici (Fig. 3).

I primi risultati della modellazione evidenziano che nello scenario LowRES e RES la produzione di energia rinnovabile (esclusivamente dal solare FV) è circa 1,61 GWh/anno e 15,62 GWh/anno rispettivamente. Nello scenario HighRES la produzione è di circa 23,28 GWh/anno di cui 18,14 dal solare e i restanti 4,63 dall'eolico.

Più nel dettaglio, la fornitura di energia primaria nello scenario LowRES è coperta al 30% circa dall'energia solare mentre il restante 70% proviene dalle importazioni (prodotte da fonti fossili); nello scenario RES il 30% proviene dalle importazioni e il 70% da RES; nello scenario HighRES il 98% del fabbisogno di energia è garantito dalle rinnovabili.

A questi dati di energia prodotta corrispondono le relative quote di FER nella produzione di energia elettrica. Lo scenario RES copre già una percentuale molto elevata della produzione di energia ma la quota nella fornitura di energia primaria è inferiore del 20%. Pertanto, nello scenario HighRES, tutti i veicoli

Needs	Level	Geographic distribution	Code	Resources	Level	Code
<i>Local primary energy</i>						
Electricity	Medium	Concentrated	ElecMC	Wind	Medium	WindM
Heat	Low	Dispersed	HeatLD	Solar	High	SolarH
Cold	Low	Dispersed	ColdLD	Hydro (Height)	Medium	HydroM
Transport fuel	Low	Long	Tran LL	Biomass	Medium	BiomM
Water	Medium	Dispersed	WaterMD	Geothermal	Low	GeothL
Waste treatment	Low	Dispersed	WasteLD	<i>Energy import infrastructure</i>		
Wastewater treatment	Low	Dispersed	WWTLD	Grid connection	Strong	GridS
				Natural gas pipeline	No	NGpiN
				LNG terminal	No	LNGtN
2030 scenarios				Oil terminal/refinery	No	OiIRN
input data	LowRES	RES	HighRES	Oil derivates terminal	No	OiIDN
PV (MW)	1,03	10,03	12,05	<i>Water</i>		
Wind (MW)	0	0	3,5	Precipitation	Low	H2OPLL
EV (no.of vehicles)	0	617	1.234	Ground water	Low	H2OGL
EV connection (MW)	0	1,985	9,131	Water pipeline	Yes	AcquaY
EV demand (GWh)	0	1,778	2,767	Sea water	Yes	H2OSY
EV battery (MWh)	0	14,496	48,126			

02 | Risultati dell'estrapolazione dei dati riguardanti gli impianti fotovoltaici per l'isola di Vis. Fonte dei dati: Piano energetico di Komiza e Pfeifer et al. (2017)
Results of data extrapolation regarding PV installations for the island of Vis. Data source: Komiza Energy Plan and Pfeifer et al. 2017

03 | Carico orario medio mensile per gli scenari LowRES e HighRES per l'isola di Vis. Fonte dati: autori
Monthly average hourly load for LowRES and HighRES scenarios for the island of Vis. Data source: authors

sono sostituiti da veicoli elettrici ed è possibile una esportazione netta pari al 7% della produzione di energia elettrica (Fig. 4). Per raggiungere il 99,3% nello scenario HighRES c'è il contributo aggiuntivo di energia eolica mensile variabile e dei Vehicle-to-Grid (V2G) utilizzando le batterie per l'accumulo di energia (Fig. 5).

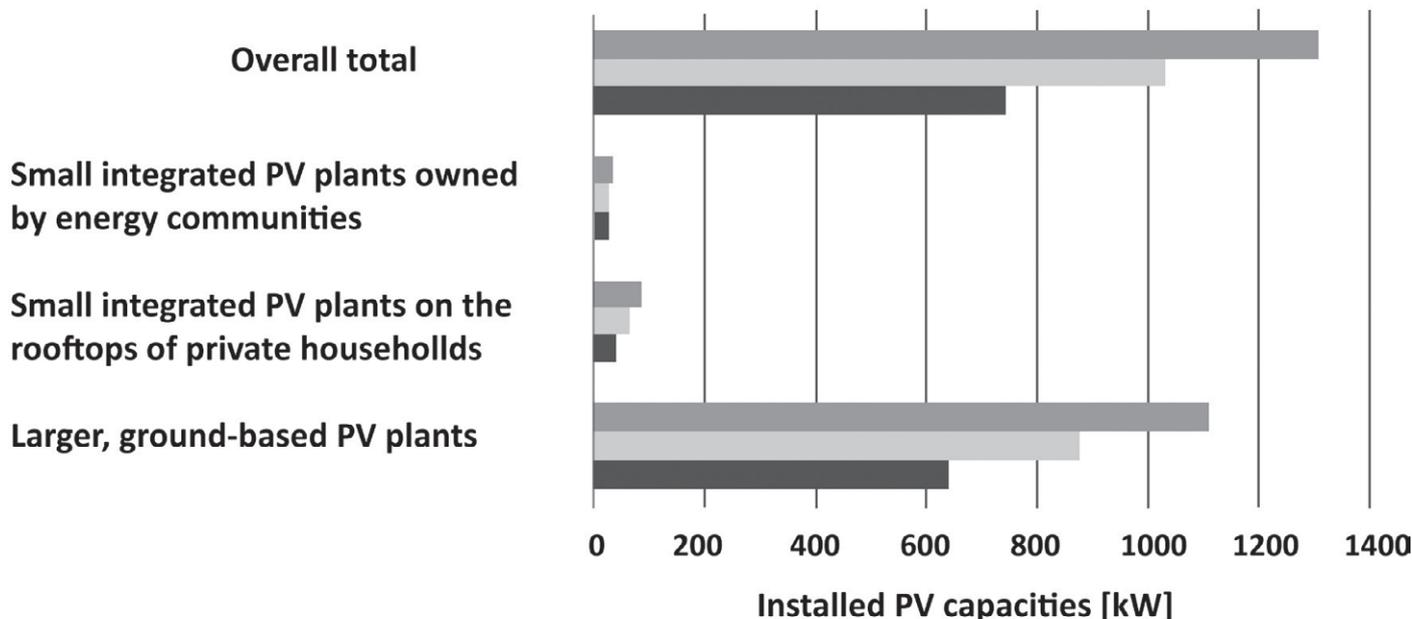
Per quanto riguarda la fattibilità economica, i dati di input per la modellazione dei prezzi delle tecnologie in tutti gli scenari sono: FV 1,1 kEUR/kW; turbine eoliche 1,3 kEUR/kW e veicoli elettrici 37,8 kEUR/unità. Il ciclo di vita ipotizzato è di 20 anni per gli impianti e 10 anni per i veicoli elettrici. I costi delle tecnologie per lo stoccaggio e il bilanciamento (in

kEU): scenario RES circa 1200 e HighRES circa 3100 associati ai V2G. Non sono previste batterie stazionarie (Fig. 6).

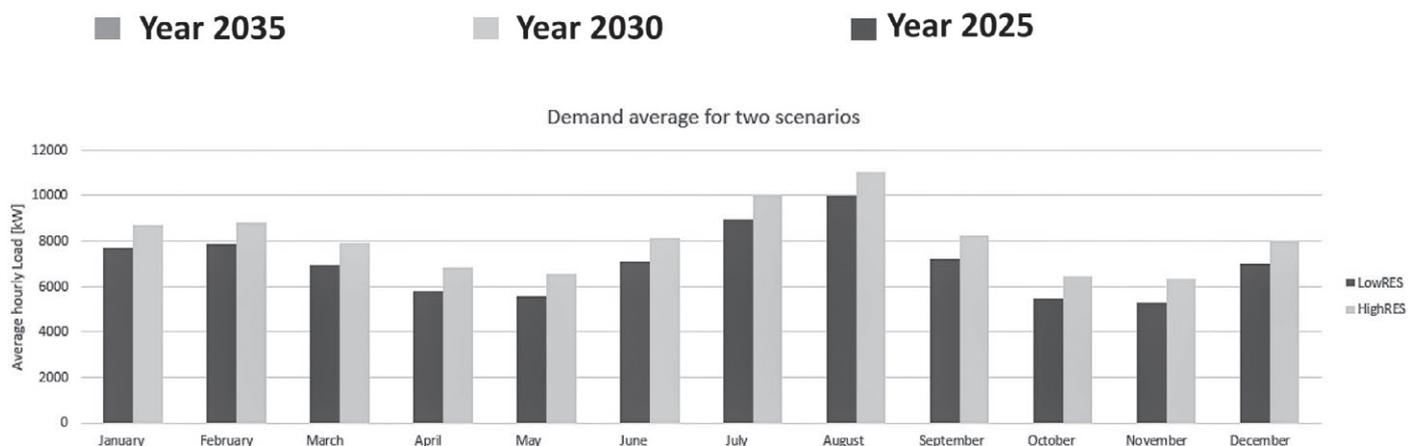
Gli aspetti ambientali fanno riferimento alla riduzione delle emissioni di gas serra. (Fig. 7).

Inoltre, nel delicato equilibrio fra economia e ambiente l'Ente locale ha previsto una centrale solare a Podspilje (3,6 km a sud-ovest di Vis e 4,8 km ad est di Komiza): 57428 m²; 2000 kW di connessione alla linea elettrica, mentre la potenza del modulo fotovoltaico installato sarà leggermente superiore per compensare le perdite; produzione annua circa 2800 MWh (il consumo medio annuo di circa 550 famiglie); costi di costruzione circa € 2500000.

02 |

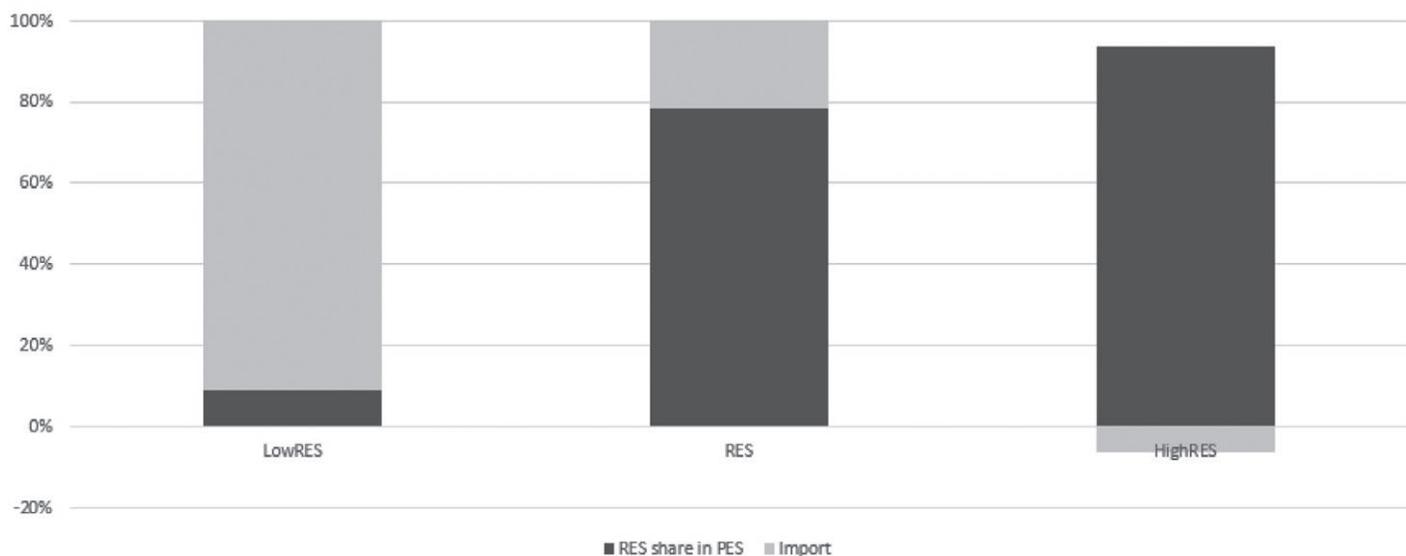


03 |



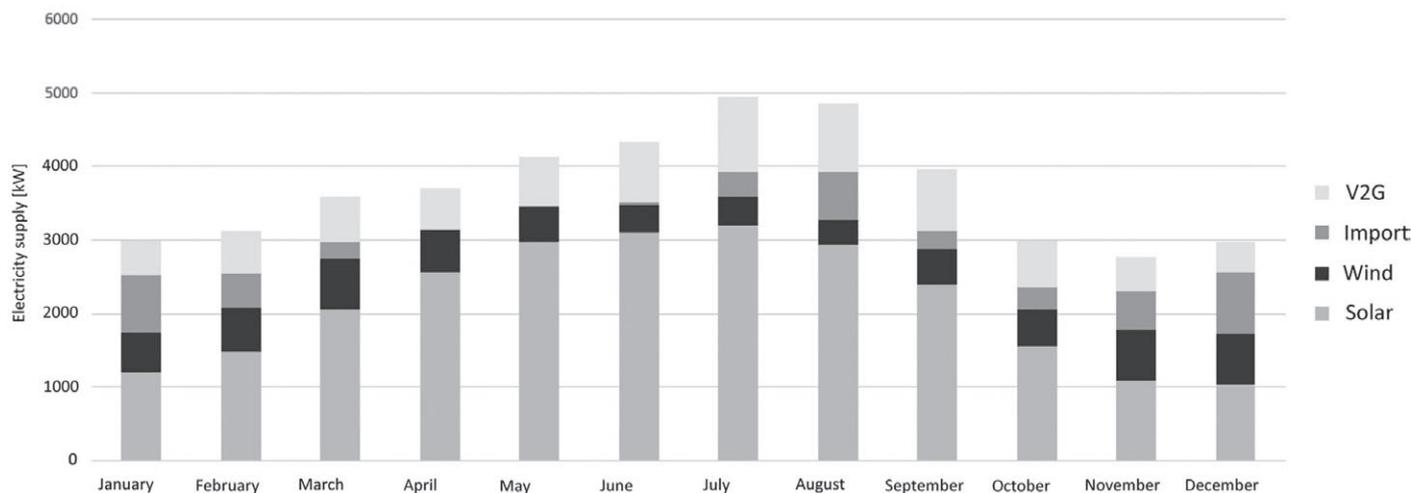
RES share in electricity production

| 04



HighRES scenario

| 05



terised by the integration of transnational aspects.

The choice of a geographical framework not limited to national borders, from which to “observe” and analyse the potential and critical factors of the common goal of energy transition, facilitated sharing, the acquisition of new skills and competences to test and improve methodologies and develop new approaches, and the consolidation of a network of international relationships between universities, SMEs and local authorities.

The transnational character is also an added value for the network set up

by the research (local administrations join it free of charge).

An example is provided by a case study. The methodology described has been applied on the island of Vis (Croatia), listed in the Natura 2000 European Ecological Network. It counts a population of about 3600 inhabitants, and has a surface area of 90.3 km². Agriculture and tourism are the major economic activities.

Energy demand mapping provides input data for the energy system configuration scenarios. Electricity consumption (2016 data) is approximately 17.6 GWh guaranteed by the underwater

connection to the island of Hvar (Tab. 1).

The study shows that the suitable rooftop area that could be used for PV generation is approximately 32589 m² out of the approximately 108630 m² total rooftop area of Komiza’s inhabited centre. The PV panels can deliver a maximum power of 5 MW. The simulation also takes into account the 2 MW PV plants planned by the local authority. Although the potential for wind energy is significant, its use is limited by environmental constraints. Biomass, on the other hand, is used for domestic purposes in stoves. The potential

for pumped hydroelectric plants is limited by environmental protection regulations, and there is currently insufficient data to confirm the feasibility of their use. Technologies to harness tidal and wave energy are poorly investigated and mapped for inclusion in analyses.

The scenarios. LowRES follows the same dynamics of FER usage proposed in the existing PAES. RES considers an increase in FER usage while taking into account environmental constraints and the legislative framework. HighRES models a system that is 100% powered by FER. The data was

Le configurazioni del sistema energetico secondo gli scenari forniscono indicazioni pratiche per il diretto e immediato utilizzo delle risultanze; dalla maggiore consapevolezza delle proprie azioni, l'Ente locale può definire le priorità, individuare i finanziamenti disponibili eventualmente collaborando con altri Comuni, programmare i tempi coinvolgendo i cittadini sin dalle fasi iniziali.

Per i Comuni si delinea quindi la possibilità di documentare il percorso di transizione energetica verso la decarbonizzazione elaborando e/o aggiornando i propri PAESC (Piano di Azione per l'Energia Sostenibile e il Clima) o CETA (*Clean Energy Transition Agenda*).

I soggetti coinvolti sono al momento tutti pubblici, anche se in funzione degli indirizzi del Comune, a seguito delle risultanze, si spera di coinvolgere – per loro stesso interesse – anche il mercato privato.

Risultati, limiti della ricerca, conclusioni, ulteriori sviluppi

Alcuni aspetti analitici, compatibili con l'obbligatoria lunghezza di questo testo, sono già stati illustrati e si spera esaurientemente.

Un ulteriore risultato sarà raggiungibile solo quando le simulazioni includeranno – come suggerito dalla *call* – i dati relativi alle iniziative orientate alla drastica riduzione della domanda energetica.

Particolare attenzione quindi agli interventi di retrofit degli edifici; procedure complesse che possono essere supportate dalla digitalizzazione con strumenti quali il BIM per garantire riduzioni dei consumi del 20-30% e dei tempi di tutto il processo edilizio di circa il 60% rispetto alle procedure tradizionali.

(Cumò *et al.*, 2019). Gli scenari quindi potranno essere aggiornati dai singoli Comuni, in autonomia, utilizzando il toolkit in funzione della riduzione dei consumi degli edifici via via conseguiti.

Oltre agli edifici efficienti sarà necessaria l'integrazione Building-to-Grid (B2G) per l'interconnessione tra edifici, reti energetiche e tecnologie digitali; anche il settore dei trasporti pubblici (su strada e marittimo) dovrà essere adattato (e rimodellato) nello scenario RES100%.

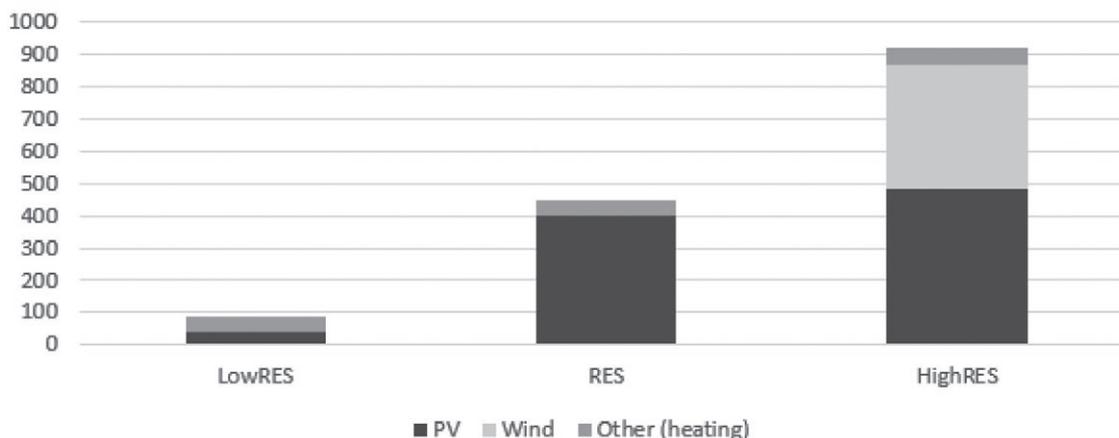
La trasferibilità delle risultanze è stata verificata in 5 realtà geografiche e la penetrazione delle rinnovabili nel sistema mostra valori variabili da 30 a 90 GWh/anno; risultati significativi richiedono un approccio sistemico, digitalizzato e l'integrazione fra tecnologie RES in un mix, anche di finanziamenti, fra pubblico e privato con particolare attenzione, come su anticipato, al funzionamento del mercato elettrico.

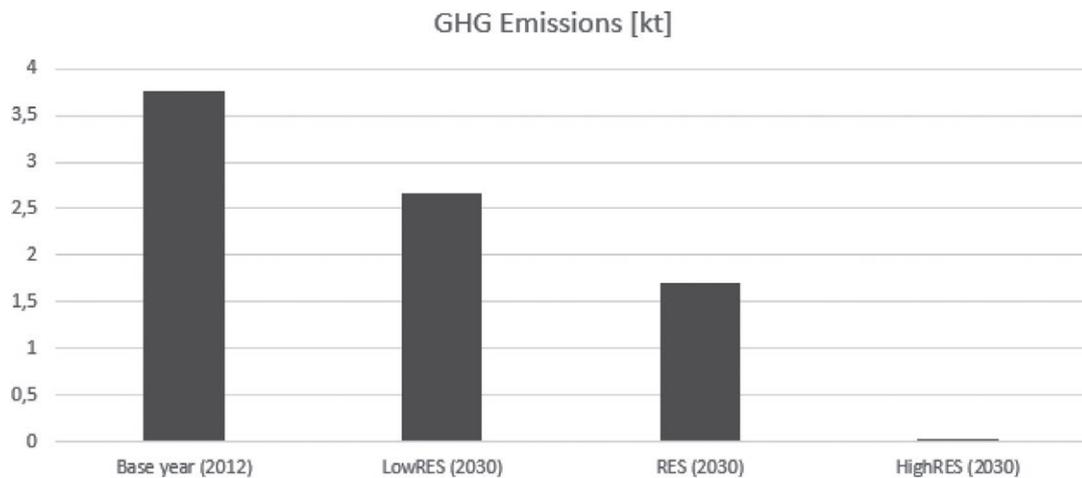
Per concludere, la proposta tecnico-scientifica – circoscritta ad una area tematica quale quella energetica – può solo contribuire, collaborare, essere di stimolo ad un migliore assetto del territorio ma non può avere la presunzione di essere la sola ed unica chiave di lettura dal momento, come è ovvio, che numerose, complesse, articolate e talvolta contraddittorie sono le logiche, le competenze, gli obiettivi che nel loro complesso riescono a determinarne gli equilibri e le funzioni che vi si insediano ed il comportamento di quanti ci vivono e lavorano.

La transizione energetica va costruita dal basso, nelle realtà di ogni territorio anche per riflettere sulle fragilità presenti, contrastando disuguaglianza sociale e povertà energetica.

06 |

Cost of investment per RES technology for all scenarios [kEUR]





FINANZIAMENTI

La ricerca è stata cofinanziata dal Fondo Europeo di Sviluppo Regionale (FESR) nell'ambito dell'Interreg Med Programme (2014-2020). Coordinamento: Università Sapienza di Roma P.I. Prof. Davide Astiaso Garcia. Partner: *Centre for Renewable Energy Sources and Saving* e Università del Pireo di Scienze Applicate; Università di Zagabria; *Cyprus Energy Agency*, *Malta Intelligent Energy Management Agency* e Comune di Favignana.

REFERENCES

Cieplinski, A., D'Alessandro, S. and Marghella, F. (2021), "Assessing the renewable energy policy paradox: A scenario analysis for the Italian electricity market", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 142, p. 110838.

Cumo, F., Sferra, A. S. and Pennacchia, E. (2019), "Building heritage of Sapienza: integrated digital tools for the executive project", *TECHNE - Journal of Technology for Architecture and Environment*, Vol. 18, pp. 191-198.

De Pascali, P., Santangelo, S., Perrone, F. and Bagaini, A. (2020), "Territorial Energy Decentralisation and Ecosystem Services in Italy: Limits and Potential", *Sustainability*, Vol. 12, p. 1424.

European Commission (2021), "Directive on the energy performance of buildings", available at: <https://cutt.ly/j3CC2da> (accessed 15 February 2023).

European Parliament (2021), "Regulation 2021/1119/UE establishing the framework for achieving climate neutrality", available at: <http://data.europa.eu/eli/reg/2021/1119/oj> (accessed 15 February 2023).

Ferrari, S., Zagarella, F., Caputo, P. and Dall'O, G. (2021), "A GIS-Based Procedure for Estimating the Energy Demand Profiles of Buildings towards Urban Energy Policies", *Energies*, Vol. 14, p. 5445.

Garcia, D. A., Groppi D. and Bruschi D. (2022), "Nuovi strumenti e strategie per pianificare la transizione energetica delle isole minori", in Ferrante T. and Tucci F. (Eds) *BASES. Benessere Ambiente Sostenibilità Energia Salute. Programmare e progettare nella transizione*, FrancoAngeli.

GSE (2021), "Gestore servizi Energetici. Rapporto Statistico 2019 Fonti Rinnovabili", available at: <https://cutt.ly/u3CCLNX> (accessed 15 February 2023)

Heydari, A., Nezhad, M.M., Pirshayan, E., Garcia, D. A., Keynia, F. and de Santoli, L. (2020), "Short-term electricity price and load forecasting in isolated power grids based on composite neural network and gravitational search optimization algorithm", *Applied Energy*, Vol. 277 p. 115503.

extrapolated from the Energy Action Plan developed by the City of Komiza (Pfeifer et. al 2017) (Fig. 2). The values of energy demand are different in the LowRES and HighRES scenarios, with the difference corresponding to the demand for electric vehicles (EVs) (Fig. 3). Initial modelling results show that in the LowRES and RES scenarios, renewable energy production (exclusively from solar PV) is about 1.61 GWh/year and 15.62 GWh/year, respectively. In the HighRES scenario, the production is about 23.28 GWh/year of which 18.14 from solar energy and the remaining 4.63 from wind energy. In more detail, the primary energy supply in the LowRES scenario is about 30% covered by solar energy, while the remaining 70% comes from imports (produced from fossil fuels). In the RES scenario 30% comes from

imports and 70% from RES. In the HighRES scenario 98% of the energy demand is provided by renewables. The energy production data corresponds to the respective shares of FER in electricity production. The RES scenario already covers a very high percentage of electricity production, but the share in primary energy supply is less than 20%. Therefore, in the HighRES scenario, all vehicles are replaced with EVs and a net export of 7% of electricity production is possible (Fig. 4). To reach 99.3% in the HighRES scenario, there is an additional contribution from vehicle-to-grid (V2G) technology (which involves using EV batteries as energy storage), and monthly variable wind energy (Fig. 5). Vehicle-to-grid (V2G) represents the discharge from EV batteries, which is represented as additional supply in the

RES and HighRES scenario. Regarding economic feasibility, the input data for modelling the prices of the implemented technologies in all scenarios are: PV 1.1 kEUR/kW; wind turbines 1.3 kEUR/kW and electric vehicles 37.8 kEUR/unit. The assumed lifecycle is 20 years for the plants and 10 years for the electric vehicles. The costs of storage and balancing technologies (in kEUR) are around 1200 for the RES scenario and 3100 for the HighRES scenario, including the cost of V2G. Stationary batteries are not included (Fig. 6). Environmental aspects are related to the reduction of greenhouse gas emissions (Fig. 7). Furthermore, in the delicate balance between economy and environment, the local authority has planned a solar power plant in Podspilje (3.6 km southwest of Vis and 4.8 km east of

Komiža) with a surface area of 57428 m² and 2000 kW power line connection, while the installed photovoltaic module power will be slightly larger to compensate for the losses. Annual production will be approximately 2800 MWh (corresponding to the average annual consumption of approximately 550 families), and construction costs can be estimated at approximately € 2.5 million. The energy system configurations according to the scenarios provide practical indications for the direct and immediate use of the results. Greater awareness of its actions can help the local authority define priorities and identify available funding, even collaborating with other municipalities, plan the timeline and involve citizens from the initial stages. Hence, municipalities have the possibility of documenting the path of

Hoseinzadeh, S., Groppi, D., Sferra, A. S., Di Matteo, U., and Astiaso Garcia, D. (2022), “The PRISMI Plus Toolkit Application to a Grid-Connected Mediterranean Island”, *Energies*, Vol. 15, n. 22, p. 8652.

IEA (2022), “Tracking Public Investment in Energy Technology Research: A Roadmap”, available at: <https://www.iea.org/reports/tracking-public-investment-in-energy-technology-research-a-roadmap> (accessed 15 February 2023).

Kuang, Y., Zhang, Y., Zhou, B., Li, C., Cao, Y., Li, L. and Zeng, L. (2016), “A review of renewable energy utilization in islands”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 59, pp. 504-513.

MASE (2020), “Piano Nazionale Integrato per l’Energia e il Clima”, available at: https://www.mase.gov.it/sites/default/files/archivio/pniec_finale_17012020.pdf (accessed 15 February 2023).

MISE (2017), (D.M. 14/02/2017), “Fonti Rinnovabili nelle Isole Minori non Interconnesse”, available at: <https://cutt.ly/M3CVeI4> (accessed 15 February 2023).

Pfeifer, A., Dobravec, V., Pavlinek, L., Krajačić, G. (2017), “Integration of renewable energy and demand response technologies in connected island systems. Case study of islands of Vis, Lastovo, Korčula, Mljet and Pelješac”, *SDEWES*, Dubrovnik, Croatia, October 4-8, 2017, available at: <https://www.bib.irb.hr/898009>.

PRISMI (2018), “Report RES Feasibility Study and Comparative Analysis”, available at: <https://prismi.interreg-med.eu/> (accessed 15 February 2023).

energy transition towards decarbonisation by developing and/or updating their own SEAPs (Sustainable Energy Action Plans) or CETAs (Clean Energy Transition Agendas). At the moment, all the entities involved are public, although depending on the municipality’s trends and considering the findings of the study, it is hoped that the private market will also be involved, in the interest of such entities.

Results, research limitations, conclusions, further developments

Some analytical aspects have already been reported and, hopefully, exhaustively, considering the mandatory length of this paper. In addition, a further result will only be achievable when the simulations include, as suggested by the *call*, data on initiatives aimed at drastically reducing the energy demand.

Particular attention is, therefore, paid to building retrofits through best practices and available technologies. The complex procedures can be supported by digitisation with tools such as BIM to ensure 20-30% reductions in consumption, and a 60% reduction in the duration of the entire building process, compared to traditional procedures (Cumò *et al.*, 2019). Therefore, the scenarios can be updated by individual municipalities independently using the toolkit, based on the reduction in building consumption achieved over time.

In addition to efficient buildings, Building-to-Grid (B2G) integration will be needed to interconnect buildings, energy networks and digital technologies. The public transport sector (road and maritime) will also have to be adapted (and re-modelled) in the RES100% scenario.

The transferability of the results has been verified in five geographical areas, and the penetration of renewables into the system shows variable values from 30 to 90 GWh/year. Significant results require a systemic, digitised approach and the integration of RES technologies into a mix, including financing from both public and private sectors, with particular attention, as previously mentioned, to electricity market operations.

In conclusion, the technical-scientific proposal – circumscribed to a thematic area such as energy – can only contribute, collaborate towards, and be a stimulus to better organisation of the territory. It cannot have the presumption of being the one and only key to interpretation since there are obviously numerous, complex, articulated and, sometimes, contradictory rationales, competencies, and objectives. All these

capabilities, overall, are able to determine the balances and functions that settle there and the behaviour of those who live and work there.

The energy transition must be a bottom up approach tailored for each territory, also to reflect on present weaknesses, fighting social inequality and energy poverty.

FUNDING SOURCES

The research was co-financed by the European Regional Development Fund (ERDF) under the Interreg Med Programme (2014-2020). Coordination: Sapienza University of Rome P.I. Prof. Davide Astiaso Garcia. Partners: Centre for Renewable Energy Sources and Saving and Piraeus University of Applied Sciences; University of Zagreb; Cyprus Energy Agency, Malta Intelligent Energy Management Agency and Municipality of Favignana.

Comunità energetiche rinnovabili come architetture pubbliche e infrastrutture socio-ecologiche

Just Accepted: April 28, 2023 Published: October 31, 2023

RICERCA E
SPERIMENTAZIONE/
RESEARCH AND
EXPERIMENTATION

Mattia Federico Leone, <https://orcid.org/0000-0003-2434-509X>
Roberta Amirante, <https://orcid.org/0000-0001-6180-3024>
Antonio Sferratore, <https://orcid.org/0009-0009-8203-6819>
Dipartimento di Architettura, Università di Napoli Federico II, Italia

mattia.leone@unina.it
roamiran@unina.it
antonio.sferratore@unina.it

Abstract. A tre anni dalla loro istituzione nel quadro normativo italiano, le Comunità Energetiche Rinnovabili (CER) possono rappresentare una importante risorsa per il progetto architettonico e urbano, coniugand obiettivi di decarbonizzazione e resilienza climatica e con istanze legate alla dotazione di nuovi spazi pubblici e servizi sociali, alla riduzione della povertà energetica e alla diffusione di una nuova cultura ambientale, in cui le reti di produzione diffusa su edifici ed elementi di attrezzatura urbana si innestano sulle nuove centralità costituite dagli hub, nuclei centrali delle comunità. A partire dal caso studio del quartiere di San Giovanni a Teduccio a Napoli, la ricerca Horizon Europe KNOWING punta a definire un modello replicabile a supporto di una visione strategica per il 2050.

Parole chiave: Comunità; Energia; Attrezzatura; Infrastruttura; Rete.

Comunità energetiche e resilienza climatica

Il ruolo ormai consolidato delle comunità energetiche rinnovabili (CER) a supporto di strategie di resilienza climatica è legato alla capacità di intercettare in maniera trasversale gli indirizzi più recenti delle politiche comunitarie e nazionali. La nascita di un nuovo sistema socio-energetico basato sulla produzione da fonti rinnovabili sembra delinearsi in maniera chiara, sfruttando una generazione distribuita e la progressiva attivazione delle comunità. La produzione locale, per molto tempo messa ai margini del sistema produttivo, riacquista così il suo valore strategico nel processo di rigenerazione ecologica, diventando il luogo, fisico e simbolico, in cui innescare sperimentazioni progettuali in risposta alla crisi climatica, alla disuguaglianza economica e all'ingiustizia socio-ambientale (Capellaro *et al.*, 2020).

La condizione di “polycrisi” – climatica, ambientale, socioeconomica, pandemica, geopolitica – che caratterizza lo scenario contemporaneo globale (Losasso, 2022) determina un deterio-

ramento dell'immaginario sociale condiviso, ossia della capacità della comunità di trovare soluzioni creative ed efficaci alle sfide della contemporaneità (Cattini, 2021). Il contributo si interroga sulla possibilità di ampliare l'impatto di questo tipo di iniziative, considerandole non solo la risposta tecnica a una domanda di transizione energetica, ma anche dei potenziali *acceleratori*, capaci di innescare un cambiamento culturale negli stili di vita per uno sviluppo circolare e 'socialmente desiderabile' (Langer, 1994).

L'obiettivo è di esplorare le potenzialità dei CER in vista della concreta strutturazione di una nuova rete di attrezzature/infrastrutture urbane capaci non solo di produrre energia da distribuire alla comunità ma anche di “rappresentare” la nuova relazione tra energia e comunità, affrontando criticamente gli aspetti legati alla formalizzazione dei dispositivi tecnici a supporto della neutralità climatica come occasione di riflessione sui temi della dotazione, qualità e accessibilità di spazi collettivi e pubblici. La definizione di un prototipo progettuale è il primo passo di un percorso di costruzione dei significati che una simile architettura pubblica può veicolare attraverso le sue caratteristiche tipo-morfologiche, funzionali-spaziali, tecnologiche e ambientali, diventando un elemento fondante di un nuovo approccio al progetto urbano.

In termini di benefici ambientali, recenti studi (Legambiente, 2022) evidenziano che le comunità energetiche in Italia possono contribuire a produrre il 30% della potenza prevista dal PNIEC¹, con significative ricadute economiche sulle imprese italiane attive lungo la filiera delle rinnovabili. Tuttavia, il tema

Renewable energy communities as public architectures and socio-ecological infrastructures

Abstract. Three years after their establishment in the Italian regulatory framework, the Renewable Energy Communities (RECs) can be an important resource for architectural and urban design, combining decarbonisation and climate resilience objectives with the provision of new public spaces and social services, the reduction of energy poverty and the dissemination of a new environmental culture. In such a setting, the production networks spread over buildings and elements of urban equipment are connected to the new central venues constituted by the hubs, the heart of the community. Starting from the case study of the San Giovanni a Teduccio district in Naples, the Horizon Europe KNOWING project aims to define a replicable model to support a strategic vision for 2050.

Keywords: Community; Energy; Equipment; Infrastructure; Network.

Energy communities and climate resilience

The central role of renewable energy communities (RECs) established in terms of implementing strategies for development and cultural change, resilience and sustainability is driven by several recent EU directives and national plans. A new socio-energy system based on energy production from renewable sources seems to be clearly emerging, taking advantage of local distributed power generation facilities that could progressively empower local communities. By reinvesting the profits generated and following energy, social and environmental benefits, energy communities aim for economic sustainability with a broader social mission. As such, local production regains its strategic value in the energy transition process, becoming the physical and symbolic place in which to

trigger a *green revolution* in response to climate crisis, economic inequality and socio-environmental injustice (Capellaro *et al.*, 2020).

The state of “polycrisis” (climatic, environmental, socio-economic, pandemic, geopolitical) characterising the world-scenario (Losasso, 2022) also determines a degradation of the shared social imaginary - that is, of the community's ability to find creative and effective solutions to contemporary challenges (Cattini, 2021). Thus, the paper investigates the possibility of increasing the relevance of such initiatives considering them not only as a technical answer to a demand for energy transition, but also as potential *accelerators* capable of triggering a cultural change in lifestyles for a 'socially desirable' transition (Langer, 1994). The goal is to explore the potential of RECs and then concretely structure a

della sicurezza energetica va declinato anche con riferimento al crescente rischio di povertà energetica dovuta all'aumento dei prezzi dei combustibili, spesso alimentato anche da manovre speculative, nonché alle variazioni della domanda energetica nel nostro paese indotte dai cambiamenti climatici, con possibili picchi soprattutto nella stagione estiva in concomitanza di ondate di calore sempre più intense e frequenti. Un eccesso di domanda di energia, interruzioni di linea del sistema di distribuzione, criticità sul fronte delle scorte, l'obsolescenza di impianti e infrastrutture, l'assenza di adeguati sistemi di stoccaggio distribuiti capillarmente sul territorio nazionale, alimentano il rischio di possibili blackout estivi con conseguenze sul funzionamento di infrastrutture critiche e sulla salute delle fasce più deboli della popolazione.

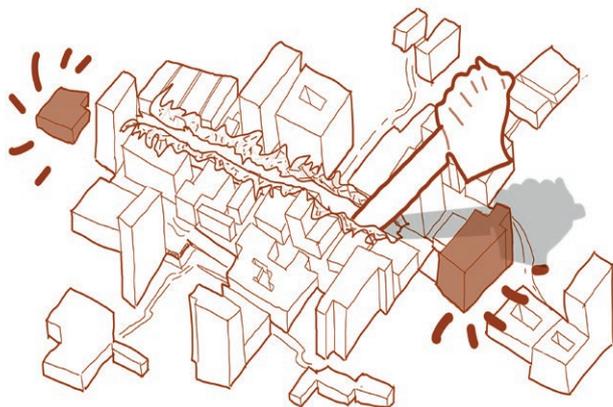
Il quadro apre alla diffusione di nuovi modelli basati su innovazioni sociali prima ancora che tecnologiche, sfruttando il potenziale delle iniziative locali come nicchie di sviluppo tecnologico estranee alle pratiche del *business-as-usual* (Bidmon and Knab, 2018). Questa dimensione protetta, supportata da incentivi, permette alle innovazioni di svilupparsi fino a consolidarsi (Raven *et al.*, 2008), grazie alla piena mobilitazione dei diversi attori locali (Law and Callon, 1992) e della loro considerazione per le questioni globali (van der Schoor and Scholtens, 2014).

Un ostacolo alla costruzione di un modello di intervento virtuoso può generarsi nel momento in cui alcune delle risposte alle questioni proprie della transizione eco-sociale vengono affidate unicamente a una serie di dispositivi tecnici (tralici, colonnine di ricarica, pannelli fotovoltaici, ecc.). Nella loro formalizzazione interviene di frequente un'inconsapevole 'violenza', che si traduce in interventi spesso acritici rispetto al contesto urba-

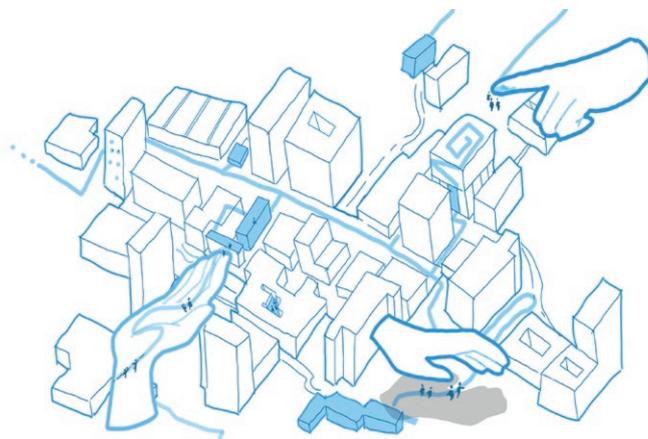
no in cui vengono calati e dotati di scarsa qualità progettuale. Le esperienze realizzate, soprattutto in merito alle comunità energetiche, appaiono poco legate alla costruzione di nuove architetture, e limitate piuttosto alla realizzazione di semplici "coperture fotovoltaiche", certamente non in grado di contribuire all'auspicata attivazione di comunità fondate su piattaforme di collaborazione fisiche e digitali². Immaginare le CER come "nuove infrastrutture/attrezzature" per le comunità urbane implica, evidentemente, un ripensamento profondo rispetto a un simile modello di intervento, e suggerisce la possibilità di connotarle come *luoghi* capaci di *rappresentare* in termini spaziali il nuovo paradigma eco-socio-tecnico a cui rimandano (Fig. 1). D'altra parte, l'impulso fornito da programmi strategici come il New European Bauhaus spinge a riaffermare la centralità di un approccio fondato su un pensiero progettuale (eco)sistemico e visionario, innovativo, creativo e multidisciplinare capace di dare sostanza alle trasformazioni fisiche, economiche e culturali richieste per raggiungere concretamente gli ambiziosi obiettivi climatici, ambientali e sociali fissati per il 2030 e il 2050. In tale contesto, è evidente come una risposta sia richiesta in modo particolare alle discipline del progetto, chiamate a loro volta a ripensare i propri approcci, puntando a sviluppare approcci comuni e sperimentare percorsi di avvicinamento valorizzando le differenze che spesso ne caratterizzano le premesse metodologiche.

Il rapporto AR6 (IPCC, 2022), nel riaffermare il concetto di "sviluppo resiliente al clima" (*Climate Resilient Development*), sottolinea come "sia l'urgenza che la complessità della crisi dei cambiamenti climatici richiedono azioni a una nuova profondità e scala", puntando a integrare "strategie per affrontare i rischi

01 |



Impatto *indifferente*



per un'infrastruttura *differente*

climatici (adattamento) con azioni per ridurre le emissioni di gas serra (mitigazione) che comportano al contempo miglioramenti per il benessere della natura e delle persone, ad esempio riducendo la povertà e la fame, migliorando la salute e mezzi di sussistenza, fornendo più persone con energia e acqua pulita, salvaguardando gli ecosistemi terrestri fluviali e oceanici”.

Emerge con urgenza la necessità di una maggiore comprensione dell'interazione sistemica, delle possibili complementarità, dei compromessi tra misure di adattamento e mitigazione in più settori (IPCC AR6 WG I) e gli Obiettivi di Sviluppo Sostenibile (IPCC AR6 WGII). Tale approccio sfiderà necessariamente ipotesi convenzionali, approcci e risposte settoriali nel processo decisionale e coinvolgerà una profonda trasformazione sociale e infrastrutturale di città e territori.

Il progetto Horizon Europe KNOWING (2022-2026) parte da queste premesse per sviluppare conoscenze, soluzioni e strumenti che aiutino a individuare percorsi di decarbonizzazione che coniugano sostenibilità e resilienza adattati ai contesti locali. Napoli, uno dei 4 dimostratori, si concentra su due specifici ambiti: inondazioni costiere e sistemi urbani; ondate di calore, salute, energia (Fig. 2).

I principali ambiti di ricerca includono:

- modelli innovativi di simulazione che integrano proiezioni climatiche, dinamica dei sistemi e di scenari di impatto multi-hazard in grado di misurare la risposta di differenti soluzioni integrate di mitigazione e adattamento nei vari settori;
- metodi e strumenti per il coinvolgimento di esperti, stakeholders pubblici, privati e comunità, basati su approcci di *visioning* e *backcasting*, definendo con processi di mappatura collaborativa le caratteristiche di una visione desiderabile e combinando

new network of urban infrastructures/facilities capable of producing energy to be distributed to the community. The network would “represent” the relationship between energy and community, critically addressing aspects related to the formalisation of technical devices supporting climate neutrality goals as an opportunity to reflect on the issues of endowment, quality and accessibility of collective and public spaces. In this process, the definition of an *abstract* physical-conceptual prototype is the first step to use design experimentation (i.e., locating the prototype in a concrete urban situation) to obtain the feedback needed to refine the initial hypothesis.

In terms of environmental benefits, the report shows that the energy communities in Italy can provide 30% of the power envisaged by the PNIEC¹, with significant benefits for the Italian com-

panies operating along the renewables chain. Nevertheless, the energy security issue should also be developed by taking into account the growing risk of energy poverty. Several factors, such as the rising fuel prices, often also encouraged by speculative actions, and the significant variations in energy demand in our country induced by climate change – with possible peaks especially in the summer in conjunction with increasingly intense and frequent heat waves – influence the phenomena. An excess of energy demand, the disruption in the distribution system, criticality on the supply chain, the obsolescence of plants and infrastructure, and the absence of distributed storage systems throughout the country fuel the risk of possible summer blackouts with consequences on the health of weaker population segments and critical infrastructure function.

obiettivi multidimensionali (ambientali, sociali, economici) per co-progettare percorsi attuativi condivisi.

Il focus sull'integrazione tra obiettivi di neutralità climatica e adattamento alla scala locale ha evidenziato il ruolo centrale delle CER come infrastrutture di interesse pubblico essenziali per supportare gli obiettivi di resilienza climatica, in termini di produzione e autonomia energetica, di risposta a istanze legate alla dotazione di nuovi spazi pubblici e servizi sociali, di diffusione di una nuova cultura ambientale. In particolare, per il caso studio di San Giovanni a Teduccio³, è stato realizzato uno scenario in cui le CER sono pensate come strumenti di “mitigazione adattiva” (Leone and Raven, 2018), diversificando le soluzioni di produzione energetica in rapporto al più ampio tema della riqualificazione di edifici e spazi aperti per raggiungere livelli adeguati alla prevista crescita dei consumi in particolare per il raffrescamento estivo (Fig. 3).

L'avanzamento in corso nell'ambito del progetto KNOWING, collegato agli studi per il nuovo PAESC (Piano di Azione per l'Energia Sostenibile e il Clima) di Napoli, si basa sulla visione di un sistema di comunità energetiche a scala di quartiere caratterizzate da un hub centrale, un edificio pubblico che integra sistemi di produzione di energia da diverse tipologie di fonti rinnovabili e concentra la maggior parte dei sistemi di stoccaggio, evitandone una eccessiva dispersione e riducendone gli oneri manutentivi, a cui si collega una rete distribuita che sfrutta elementi di attrezzatura dello spazio pubblico, coperture e facciate di edifici progettati come dispositivi di adattamento che contribuiscono alla riduzione degli impatti da ondate di calore e allagamenti urbani.

This framework could result in the diffusion of new business models based on social innovations, even before technological ones, to achieve the ecological transition in terms of community acceptance. Local initiatives can be considered as niches of technological development, foreign to conventional practices of operating in a business-as-usual economy (Bidmon and Knab, 2018). This protected dimension, supported by incentives, allows such innovations to develop until they can compete on their own (Raven *et al.*, 2008), due to the full mobilisation of diverse local actors (Law and Callon, 1992) and according to their consideration of global issues (van der Schoor and Scholtens, 2014).

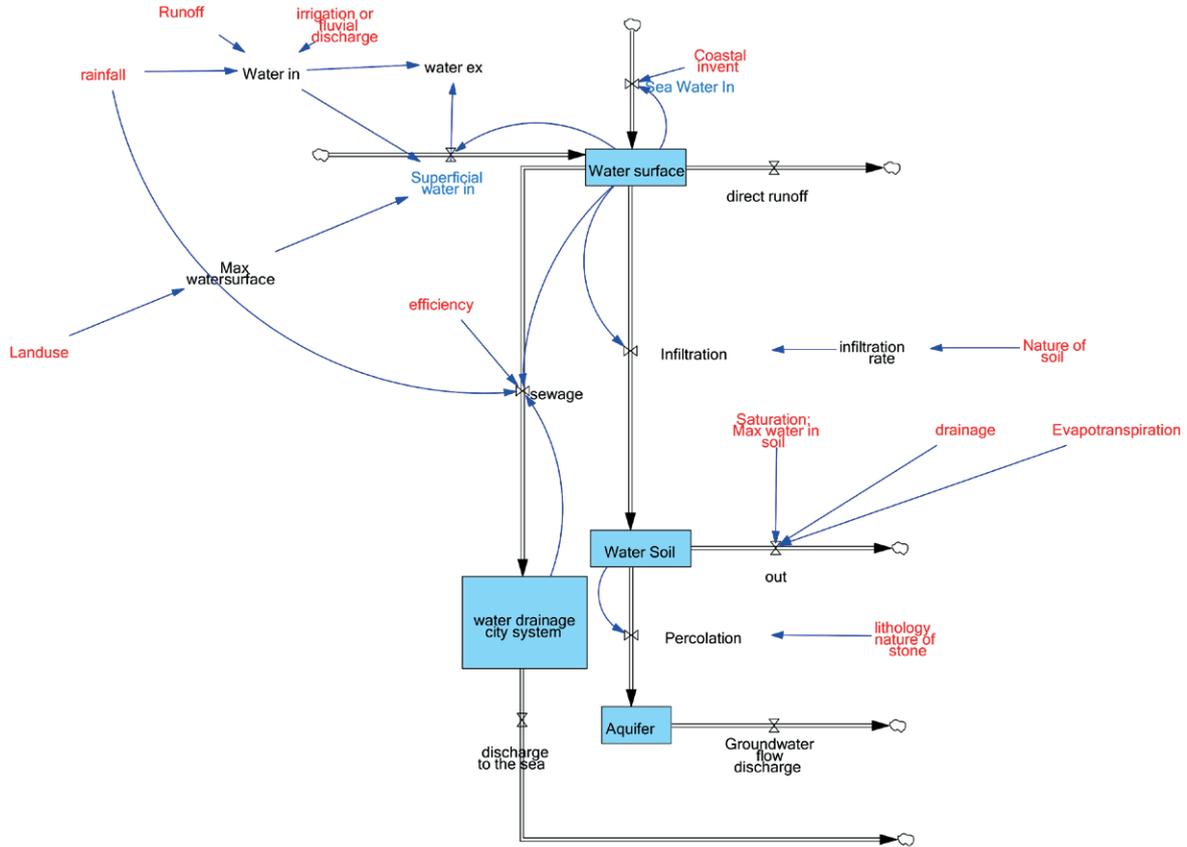
Some of the answers to the issues of the eco-social transition are commonly entrusted to a series of technical devices (pylons, charging columns, pho-

tovoltaic panels, etc.). In their formalisation, the technological one is often considered the only meaningful issue. It raises a different order of ‘barriers’ to the construction of a shared and ethically valid practice. The unconscious ‘violence’, the indifferent impact towards the context, results in uncritical interventions in the urban context in which they are dropped with little or no design quality, as the mere control of predetermined operations to be performed correctly or the achievement of specific requirements could replace it. The existing cases, especially regarding energy communities, appear poorly related to the construction of architecture, and are, instead, limited to the creation of simple “photovoltaic roofs”. The desired activation of communities founded on physical and digital collaboration platforms² need to be driven by a different kind of solutions. Envision-

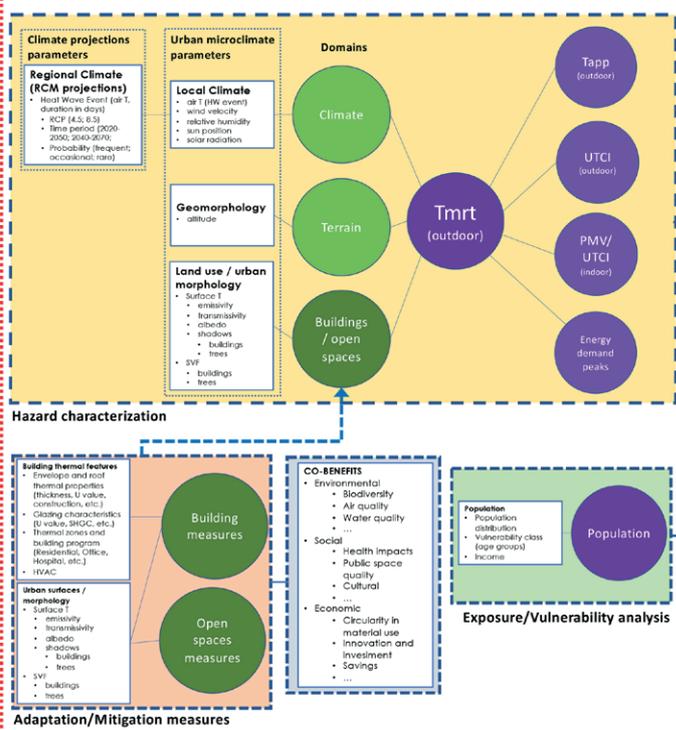
02 | In alto, diagramma 'stock and flow' a supporto dello sviluppo del modello 'system dynamics' in rapporto al rischio combinato da allagamenti pluviali e costieri realizzato nell'ambito del progetto KNOWING (elaborazione di Marion Perney); in basso, parametri di input e output del modello di impatto da ondate di calore sviluppato nell'ambito del progetto H2020 CLARITY ed esteso nell'ambito del progetto KNOWING al tema della mitigazione climatica (elaborazione di Giovanni Nocerino)

Top, 'stock and flow' diagram to support the development of the 'system dynamics' model in relation to the combined risk from rainfall and coastal flooding carried out under the KNOWING project (elaboration by Marion Perney) bottom, input and output parameters of the heat wave impact model developed under the H2020 CLARITY project and extended under the KNOWING project to the topic of climate mitigation (elaboration by Giovanni Nocerino)

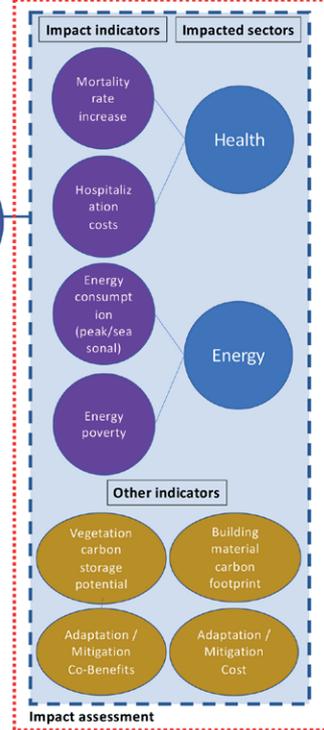
02 |



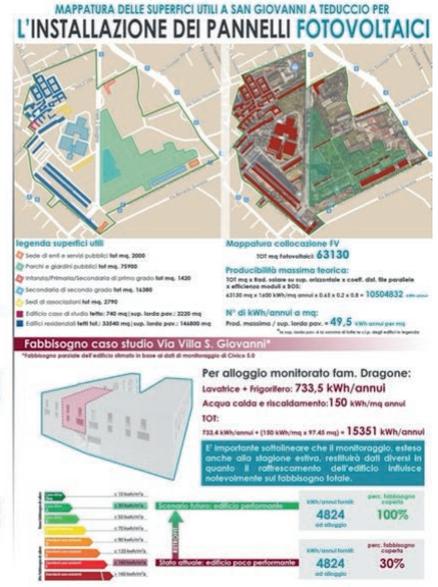
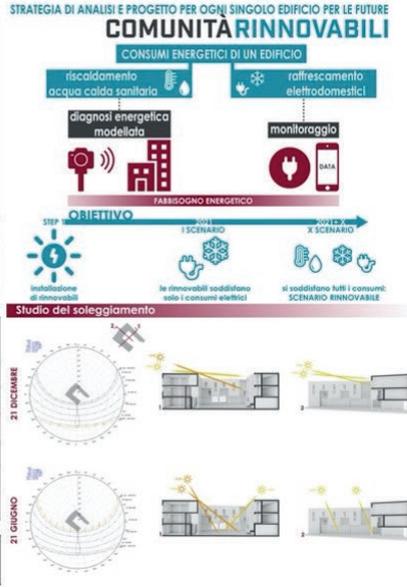
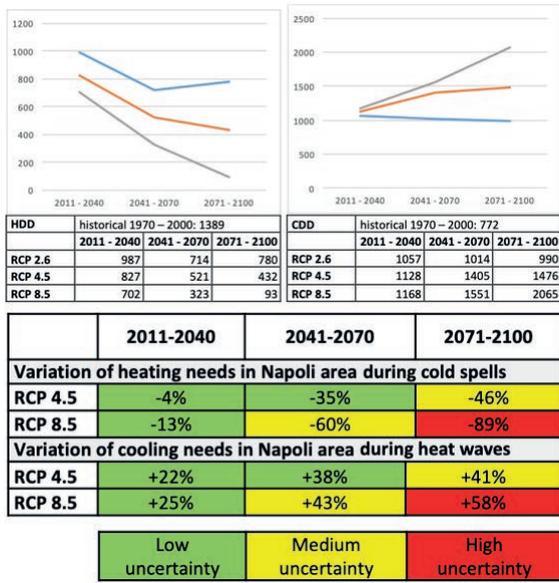
Model input



Model output



Neighborhood-scale intervention scenario for the development of the Renewable Energy Community in S. Giovanni a Teduccio (Source: PLINIVS-LUPT, elaborations by Nicola Addabbo and Rosario Perrotta)



Per un'infrastruttura differente. Rappresentazione e funzionamento di uno spazio pubblico

I concetti chiave alla base della visione strategica possono essere letti in chiave di progetto architettonico e urbano secondo molteplici angolazioni: integrare diverse fonti di energia rinnovabile, i loro meccanismi e i relativi spazi di pertinenza in un'ottica circolare in termini di "materie prime" necessarie alla produzione energetica; strutturare gli elementi in una rete fisica e simbolica diffusa che incrocia tecnologia, economia e cultura per il progressivo rafforzamento di una comunità educante, rappresentata e funzionante (Fig. 4). L'effettivo funzionamento di questa nuova rete infrastrutturale chiama in causa la questione del perimetro - e quindi della di-

mensione ed estensione delle comunità servite a partire dal loro 'peso' in termini di consumi energetici e di sovrapposizione/relazione con distretti e quartieri cittadini - e quella del nucleo di questa 'fabbrica di energia aperta' - in termini di capacità produttiva, di qualità spaziali, ambientali, sociali e della sua possibilità di rappresentarle. Un'impostazione che rimanda ai principi di perimetrazione proposti da Otto Wagner per i 'distretti urbani' della Grande Vienna (Wagner, 1911), in cui la rete infrastrutturale radiale si adatta al contesto morfologico e orografico, con una struttura policentrica in cui gli edifici rappresentativi della comunità, le nuove attrezzature espressione del moderno funzionamento della città e della società, diventano i nuclei attorno a cui si strutturano quartieri a uso misto (Wagner, 1912). In merito allo sviluppo della rete, il valore

ing RECs as a "new infrastructure/facility" for urban communities implies a radical reassessment of such a model of intervention, suggesting a chance to define them as places capable of representing, in spatial terms, the new eco-socio-technical paradigm to which they refer (Fig.1). On the other hand, the urge provided by strategic programmes, such as the New European Bauhaus, prompts the reassertion of the centrality of an (eco)systemic and visionary, innovative, creative, and multidisciplinary approach to design thinking. An approach capable of giving substance to the significant physical, economic and cultural transformations required to concretely achieve the ambitious climate, environmental and social goals set for 2030 and 2050. In this context, it stands to reason that a response is especially required from design disciplines,

which are, in turn, called upon to rethink their methods, aiming to develop common approaches and experiment with engagement pathways enhancing the differences that often shape their methodological assumptions. Reaffirming the concept of Climate Resilient Development, the AR6 report (IPCC, 2022) underscores how "both the urgency and complexity of the climate change crisis require actions at a new depth and scale" aiming to integrate "strategies to address climate risks (adaptation) with actions to reduce greenhouse gas emissions (mitigation) that simultaneously result in improvements for the well-being of nature and people, e.g., reducing poverty and hunger, improving health and livelihoods, providing more people with energy and clean water, safeguarding terrestrial, fluvial and oceanic ecosystems."

An integrated approach is needed to understand systemic interaction, possible complementarities, trade-offs between adaptation and mitigation measures in multiple sectors (IPCC AR6 WG I), and the Sustainable Development Goals (IPCC AR6 WGII). Such an attitude will necessarily challenge conventional assumptions, sectoral approaches and responses in decision-making, involving a deep social and infrastructural transformation of cities and territories. The Horizon Europe KNOWING project (2022-2026) builds on these premises to develop knowledge, solutions, and tools to help identify decarbonisation pathways that combine sustainability and resilience tailored to local contexts. Naples (as one of 4 demonstrator context) focuses on two specific domains: coastal flooding and urban systems; health, health and energy (Fig. 2).

The main research areas include:

- innovative simulation models incorporating climate projections, system dynamics and multi-hazard impact scenarios to measure the response of different integrated mitigation and adaptation solutions across sectors;
- methods and tools to engage experts, public, private, and community stakeholders, based on visioning and backcasting approaches, defining the features of a desirable vision with collaborative mapping processes, and combining multidimensional objectives (environmental, social, economic) to co-design feasible intervention pathways from the present to the desired vision of the future.

Focus on the integration of climate neutrality goals and adaptation at the local scale highlighted the central role of energy communities as public interest infrastructures that are essen-

04 |

1 SCENARIO DI RIFERIMENTO

Crisi climatica, disuguaglianze economiche e ingiustizia socio-ambientale. Un sistema socio-energetico resiliente verso la transizione giusta: le comunità energetiche

2 UN'IPOTESI

Una nuova **rete di attrezzature/infrastrutture urbane** che producono energia da distribuire a una comunità (più o meno ampia), capace di intrecciarsi col tema dello spazio pubblico e di «rappresentare» questa produzione, oltre che di facilitare la comunità che può fornire

3 UN PROTOTIPO

Una delle possibili formulazioni che sia utile alla sperimentazione nei suoi **caratteri generali** e nelle **specificità** legate all'applicazione **locale**, che tenga insieme cinque diverse fonti di energia rinnovabile, interpreti e strutturi una rete fisica e simbolica e sia riconoscibile dalla comunità che rappresenta

4 CONCETTI CHIAVE

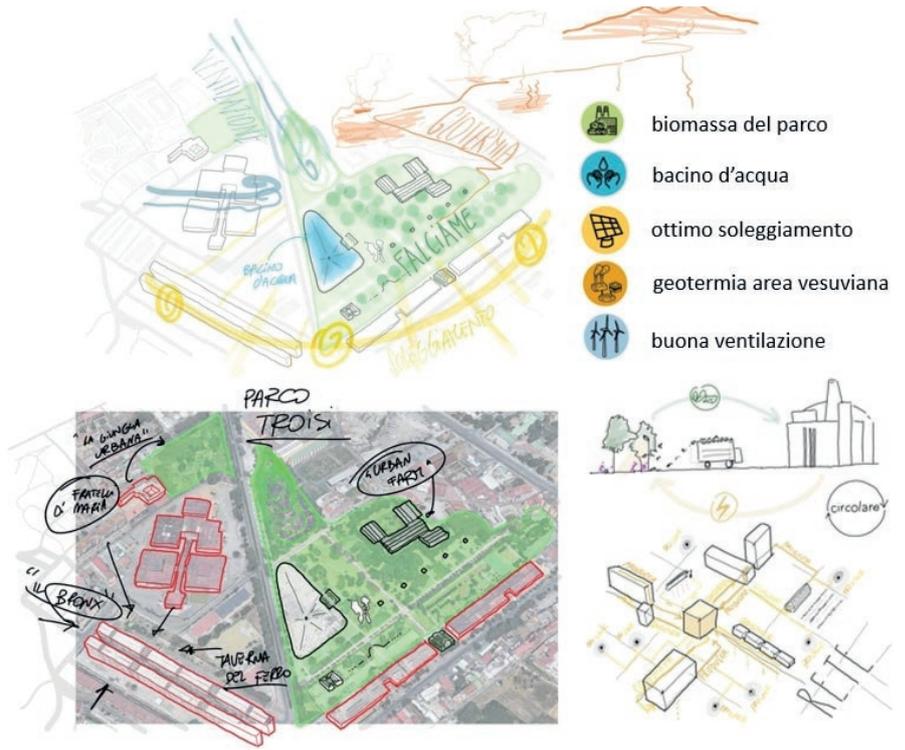
Implicazioni e tematismi relativi al funzionamento e alla rappresentazione del concetto di **energia, rete e comunità**: i meccanismi ibridi e la loro emblematica, il significato ambivalente di **prosumer**, il perimetro intrinseco e lo spirito progressivo di chi fa parte della comunità energetica

5 COMPONENTI DEL PROTOTIPO

Il ruolo del **nucleo**, delle **funzioni connesse** e della rete di **dispositivi e spazi attrezzati** a supporto della comunità energetica: i rapporti reciproci tra le componenti e la sua doppia natura di infrastruttura/attrezzatura

6 UN ESEMPIO

Feedback progressivi e **concettualizzazioni del contesto** per mettere a punto ipotesi di concept: carattere, morfologia e accessibilità del luogo a confronto con le componenti del prototipo e i suoi caratteri generali nell'**esempio del Parco Troisi**



dal prototipo all'esempio

dall'esempio al prototipo

fondante del concetto di *prosumer* (*producer+consumer*) che sta alla base dei CER può assumere un peso ancora più rilevante, rimandando alla costruzione di un significato comune e condiviso che rende riconoscibile l'insieme cui si appartiene. Il nucleo dovrà dunque rafforzare tali legami, agganciando alle funzioni produttive altre che ne rafforzino il ruolo di 'costruzione di comunità'⁴. La realizzazione di un simile sistema policentrico di 'nuclei e reti infrastrutturali' determina il potenziale ampliamento dei

benefici rispetto al modello tradizionale delle CER, limitate unicamente ai (pur centrali) vantaggi in termini di riduzione dei costi energetici e delle emissioni (in rosso in Fig. 5). Le interazioni sistemiche del modello proposto si ampliano ad ulteriori aspetti microclimatici, energetici e comportamentali in grado di rafforzarne l'impatto complessivo rispetto agli obiettivi di resilienza climatica. La metodologia proposta, puntando alla modellazione dinamica dei sistemi, consente di evidenziare le interdipendenze tra i diversi ambiti legati al tema clima-energia

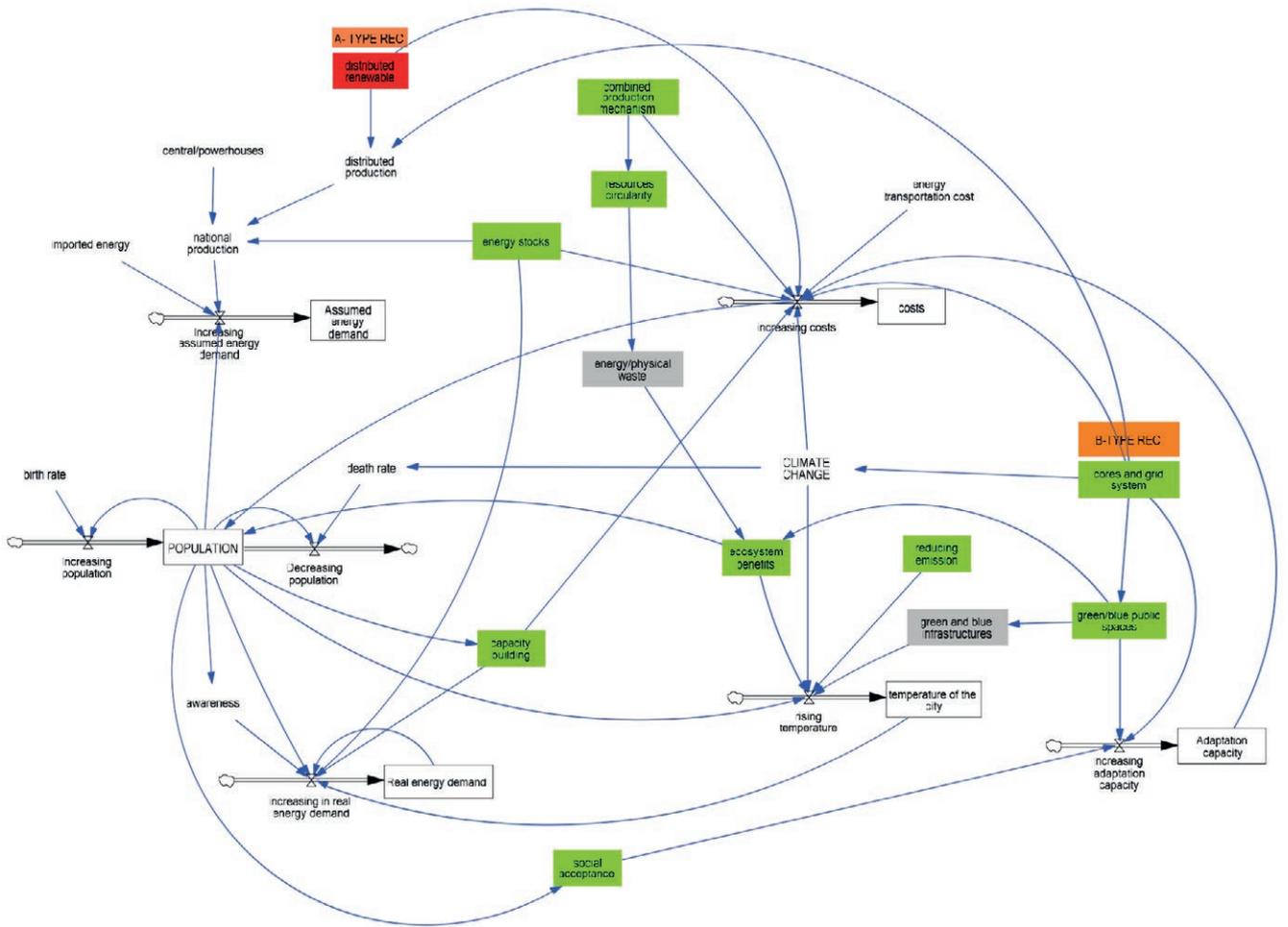
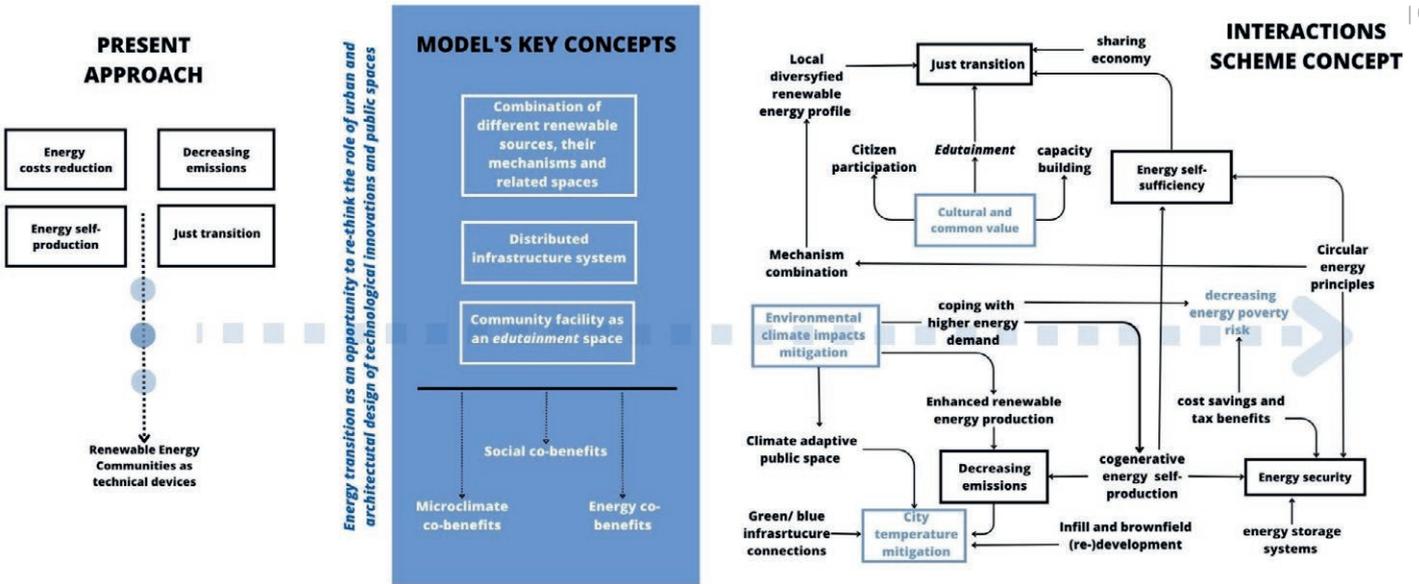
tial to support the goals of ecological transition and climate resilience, both in terms of energy production and autonomy, response instances related to the provision of new public spaces and social services, and the diffusion of a new environmental culture. For the case study of San Giovanni a Teduccio³, a scenario has been created in which RECs are thought of as "adaptive mitigation" tools (Leone and Raven, 2018), diversifying energy production solutions in relation to the broader issue of upgrading buildings and open spaces to achieve levels appropriate to the expected growth in consumption particularly for summer cooling (Fig. 3). The ongoing progress of project KNOWING, linked to studies for the new SECAP (Sustainable Energy and Climate Action Plan) of Naples, is based on the vision of a system of en-

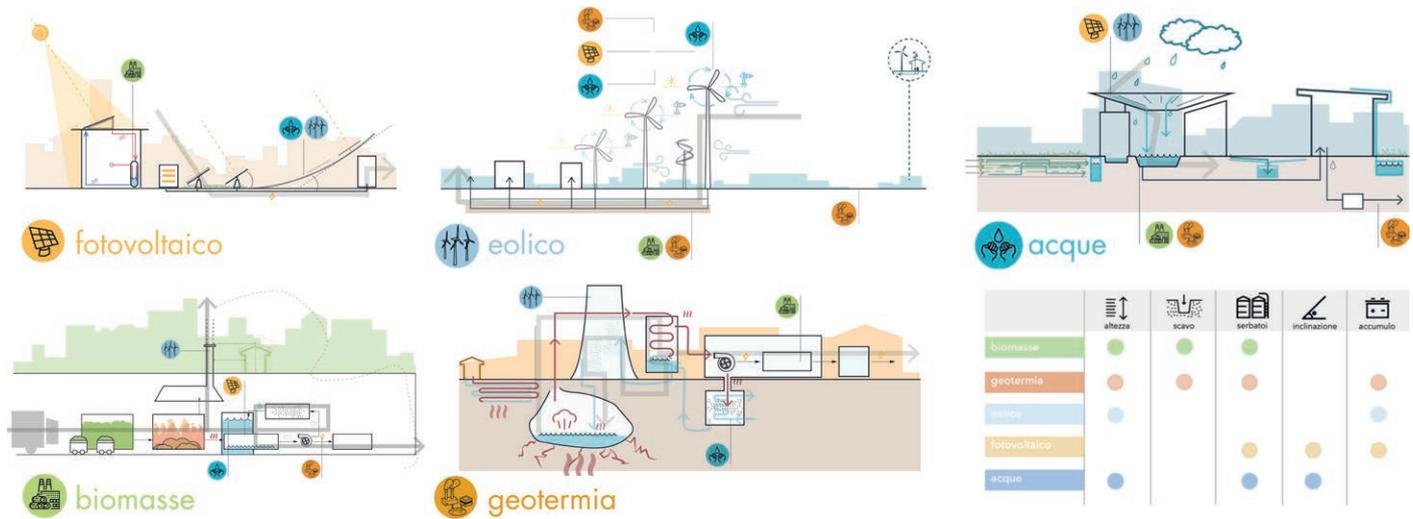
ergy communities on a neighborhood scale featuring a central hub, namely a public building capable of producing variable quantities of energy from different mixes of renewable sources, and of concentrating most of the storage systems, avoiding excessive dispersion and reducing maintenance costs. A distributed network is connected to the hub, contributing to energy production by exploiting public space equipment, building roofs and façades, designed as adaptation devices that concurrently contribute to reducing the impact of heat waves. **For a different infrastructure. Representation and operation of a public space.** The key concepts behind that strategic vision may result in different threads in terms of architectural and urban design, such as holding together five

different renewable energy sources, their mechanisms and relevant spaces in a circular perspective in terms of "raw materials" needed for energy production; structuring the elements into an extended network that converges technology, economy and culture; and, reframing the elements according to the presence and progressive empowerment of an educating, represented and operating community within it (Fig. 4). A reflection on the actual operation of this new infrastructural network calls into question the issue of the *perimeter* and, thus, the size and extension of the communities served, according to their 'weight' in terms of energy consumption, and overlaps or connections with city districts and neighbourhoods. Moreover, this 'open energy factory' *core* needs to be defined in terms of production capacity, environ-

mental and spatial qualities, but also of its possibility of representation. This approach refers to the spatial boundary principles proposed by Otto Wagner for the 'urban districts' of Greater Vienna (Wagner, 1911). His radial infrastructural network adapts to the morphological and orographic context with a polycentric structure in which the buildings representative of the community, the new equipment expression of the modern function of the city and of society, become the nuclei around which mixed-use neighborhoods are structured (Wagner, 1912). The meaning of the *prosumer* (*producer+consumer*) concept behind the idea of energy community could be implemented considering the development of the network issue. Being part of a network implies sharing sensitive values, expressions of a common and

Schematic analysis of the climatic, positional, and morphological advantages of Troisi Park and key concepts for the new ERC: combined renewable sources, circularity of matter and energy flows, infrastructure network of the building-open space system.





in rapporto agli impatti sociali, economici e ambientali. Nella prima fase della ricerca, l'approccio sistemico è limitato alla sfera qualitativa, con l'obiettivo di introdurre nel modello le variabili necessarie per consentire simulazioni di tipo quantitativo a supporto della valutazione di scenari alternativi di intervento legati al caso studio di Napoli (Fig. 6).

Sul piano del *funzionamento*, al tema della dimensione quantitativa in termini produttivi, si aggiunge una riflessione qualitativa che fa emergere alcune possibili implicazioni spaziali del nucleo infrastrutturale: a una buona producibilità da eolico è associata la richiesta di altezza; ai sistemi fotovoltaici e di recupero una data inclinazione e orientamento; alla generazione di energia dall'acqua e dalla geotermia, la necessità di uno scavo; le biomasse ad una disponibilità di materia prima "verde".

Sul piano della *rappresentazione*, le tre parole chiave – energia, rete, comunità – vengono interpretate con una serie di

riferimenti "iconografici": la nuova infrastruttura tende a segnalare la sua presenza e la sua centralità diventando un *landmark*, ad esprimere la sua funzione produttiva e richiamando l'idea di fabbrica; ad essere parte di una rete mostrandosi materialmente connessa con l'intorno. Il concept del prototipo esibisce così la sua doppia natura: *infrastruttura/fabbrica*, con un nucleo tecnologico, e *attrezzatura comunitaria* con un'area di influenza che materialmente dà *centralità* al nucleo e al tempo stesso, ospitando strutture di servizio, funziona come una macchina di *edutainment* che accoglie la comunità, la serve e al tempo stesso amplifica il valore civile e culturale della nuova rete.

Nella concreta definizione del prototipo progettuale, ci si è concentrati in particolare sulle qualità architettoniche dell'elemento 'nucleo', con un concept sviluppato a partire da un elemento iconico della produzione industriale – una torre di raffreddamento

shared meaning that makes the whole to which one belongs recognisable⁴. The enrichment of related functions for the community occurs in relation to the needs of those who are part of it but also to the type of distribution referred to or to the forms of energy accumulation and its storage.

The creation of such a polycentric system of 'hubs and infrastructural networks' determines the potential expansion of the social, environmental and economic benefits compared to the traditional REC model based on mere 'photovoltaic roofs', limited solely to the (albeit central) advantages in terms of reduction of energy costs and emissions (in red in Fig. 5). The systemic interactions of the proposed model expand to further microclimatic, energy and behavioural aspects capable of strengthening its overall impact with respect to climate resilience objectives.

The dynamic systems modelling approach proposed with project KNOWING allowed to highlight the interdependencies between different contexts, all linked to the climate-energy issue of the social, economic and environmental impacts related to the development of the proposed design approach for RECs. Those early stages limit the systems approach to the qualitative context. Indeed, the research aims to introduce the variables and algorithms necessary to allow quantitative simulations to support the evaluation of alternative intervention scenarios for the Naples case study (Fig. 6).

In terms of operation, a qualitative reflection is added to the issue of the quantitative dimension in terms of production, which unveils some possible spatial implications of the infrastructural hub: good wind power production is associated with the need for

height; photovoltaic and recovery systems are associated with a given inclination and orientation; the generation of energy from water and geothermal energy with the need for excavation; biomass with the availability of "green" raw material.

In terms of representation, the three keywords are interpreted with a series of "iconographic" references: the new infrastructure tends to signal its presence and its central role, thus becoming a landmark. It tends to express the productive function and, therefore, to recall the idea of the factory. It tends to be part of a network and, therefore, wants to show itself materially connected to its surroundings.

The prototype concept thus exhibits its dual nature: infrastructure/factory, with a technological core, and community equipment with an area of influence that materially gives centrality

to the core, while also hosting service structures. It functions as edutainment that welcomes the community, serves it and, at the same time, amplifies the civil and cultural value of the new network.

In concretely defining the design prototype, we particularly focused on the architectural qualities of the central element, with a concept developed starting from an iconic element of industrial production – a cooling tower – whose morphological and material characteristics are strictly related to the operational mechanism (Fig. 7).

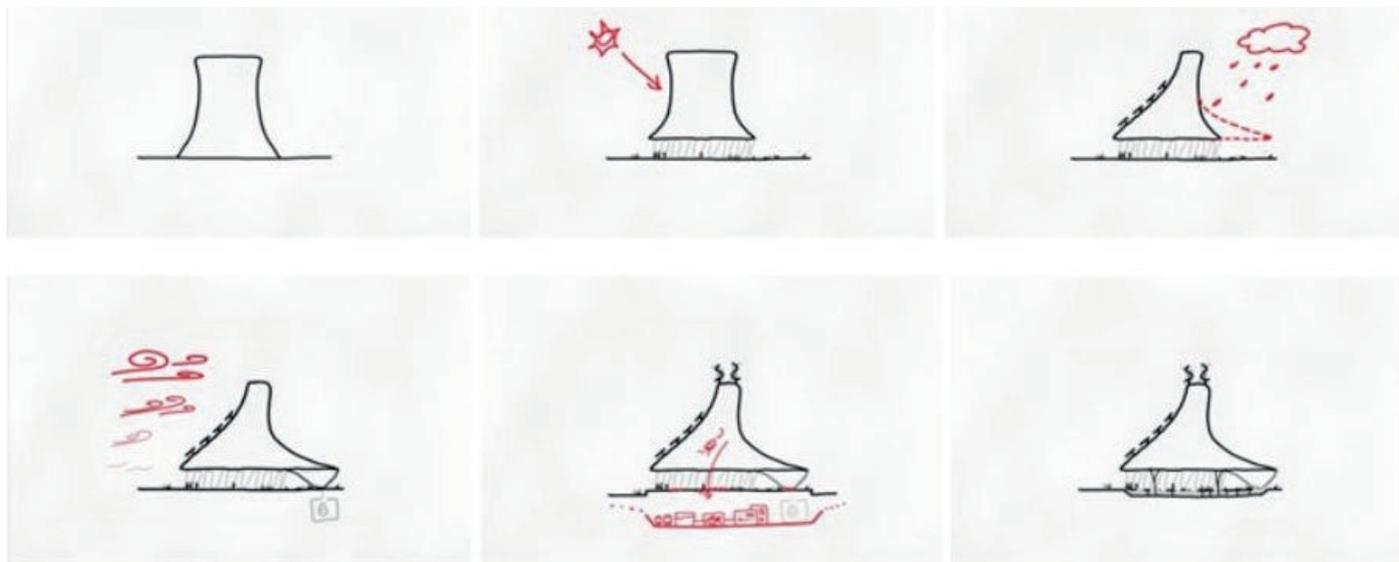
When concretely defining the prototype, focus was on the architectural qualities of the 'core' element, with a concept developed from an iconic element of industrial production: a cooling tower, whose morphological and material characteristics are strictly connected to its production mechanism.

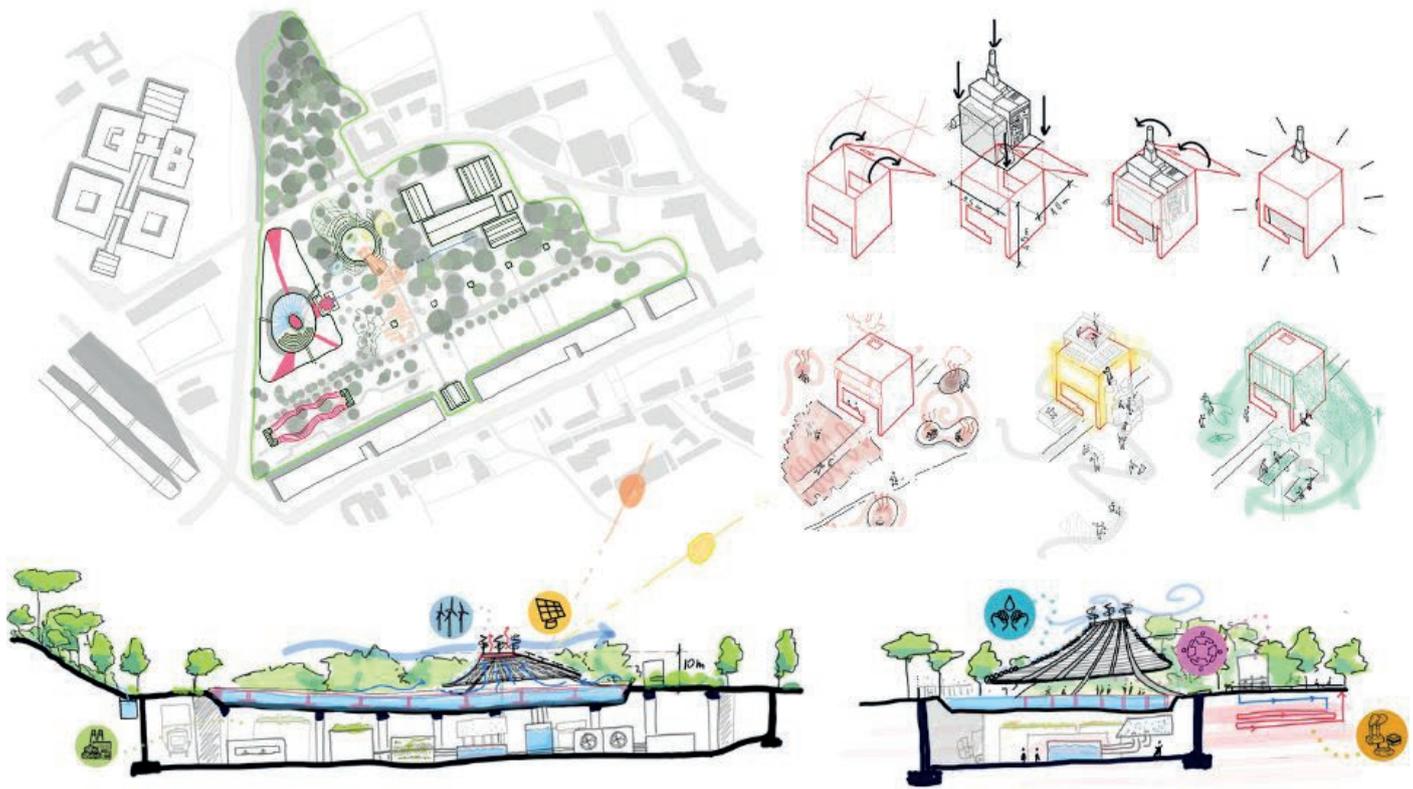
– le cui caratteristiche morfologiche e materiche sono strettamente collegate al meccanismo di funzionamento (Fig. 7). L'esperimento con cui si è provato a calare il *prototipo* concettuale su una realtà concreta serve solo a ottenere un primo feedback utile a perfezionare e articolare il concept. In questo senso, la realtà concreta del Parco Troisi a San Giovanni a Teduccio in cui il prototipo viene provvisoriamente calato viene a sua volta *concettualizzata*. Se ne colgono cioè, volutamente, solo alcuni aspetti: *il carattere, la morfologia, l'accessibilità*. Sul *carattere*: il "parco" è dotato di ottime qualità ambientali rispetto alle "materie prime energetiche" (ottimo soleggiamento, buona ventosità, presenza di un invaso d'acqua, disponibilità di biomassa); sulla *morfologia*: l'organizzazione spaziale del parco che ospita anche spazi dismessi o da riqualificare, consente la localizzazione di un elemento spazialmente significativo; *sull'accessibilità*: la sua posizione è particolarmente favorevole per sostenere il suo ruolo di hub sia per attività sociali che per la potenziale infrastruttura verde-blu "innervata" dai dispositivi distribuiti su edifici e spazi aperti a servizio della comunità energetica, ora anche comunità "resiliente" per il potenziale in termini di adattamento climatico della rete stessa. La esplicita parzialità di questa "descrizione" testimonia la volontà di usare il Parco Troisi non come "caso-studio", ma solo per fare un *esempio*. Non per questo, però, priva l'esemplificazione di un valore euristico: calare il concept nello spazio esemplificativo del parco consente di investigare le relazioni tra nucleo-infrastruttura e perimetro-attrezzatura e di verificare, ad esempio, che i due elementi non devono necessariamente restare spazialmente e figurativamente distanti e distinti, e che lo spazio verticale del landmark può integrarsi con lo spazio

circolare-comunitario dell'area di influenza senza creare problemi funzionali o di sicurezza (Fig. 8). Il rapporto tra nucleo e funzioni connesse varia in relazione alle diverse caratteristiche funzionali, spaziali e tecnologiche di ciascuno dei diversi sistemi di produzione, che influiscono sulla possibilità di integrare spazi destinati alla collettività, sulla 'circularità' del ciclo produttivo chiuso e virtuoso legato alle fonti rinnovabili disponibili in loco e sulle connessioni reticolari tra gli elementi e le funzioni introdotte all'interno e il contesto. Il processo iterativo descritto procede attraverso ipotesi e feedback progressivamente validati e costituisce una essenziale componente metodologica (Amirante, 2018) della ricerca per la costruzione di un pensiero progettuale radicato nella complessità della sfida per la resilienza climatica delle città, i cui risultati dovranno essere riferiti ad *esempi* ulteriori. La peculiarità di questo tipo di approccio sposta il rapporto col luogo alle prime fasi del progetto di un'infrastruttura. È quindi l'esempio, misurandosi con il luogo, a suggerire al prototipo le sue caratteristiche generali che possano dare corpo all'infrastruttura *diversa*, in cui l'architettura possa assumere ancora un valore educante, profondamente dialogico sia nei confronti del contesto e delle necessità di coloro i quali la abitano, per definire vere e proprie "basi di sostegno per far accadere la vita dell'uomo" (Pone, 2019).

Conclusioni

I risultati della prima fase della ricerca, ancora lontani dal fornire strumenti e linee guida a supporto di stakeholders locali per lo sviluppo di scenari evolutivi legati alla diffusione delle CER in Italia, rappresentano un fondamentale percorso di avvi-





cinamento tra metodi e approcci differenti, ma potenzialmente complementari, portati avanti da differenti discipline del progetto, chiamate a confrontarsi con l'insieme delle competenze multidisciplinari che caratterizzano la sfida legata allo "sviluppo resiliente al clima".

La capacità di tenere insieme aspetti di visione e di processo, di rappresentazione e di misura rendono il pensiero progettuale un denominatore disciplinare comune, che può determinare il vero salto di scala, metodologico, operativo e culturale oggi

The experiment with which we tried to adapt the conceptual prototype to a concrete reality only serves to obtain an initial series of feedback, which is useful to refine and articulate the concept. In this sense, the concrete reality of Parco Troisi in San Giovanni a Teduccio, where the prototype is temporarily placed, is in turn conceptualised. In other words, only a few aspects are deliberately captured: character, morphology and accessibility. Concerning character: the "park" has excellent environmental qualities with respect to the sought-after "energy raw materials" (excellent sunshine, good wind, presence of a water reservoir, availability of biomass); in terms of morphology: the spatial organisation of the park, which also houses spaces that are either abandoned or to be redeveloped, allows the creation of a spatially significant element (although

not necessarily of significant volume); regarding accessibility: its position is particularly favourable to support its role as a hub for both social activities for the surrounding mixed use areas and for the potential green-blue infrastructure "innervated" by devices distributed across buildings and open spaces serving the energy community. The latter is now also a "resilient" community for its potential in terms of climate adaptation of the network itself. The explicit partiality of this "description" testifies to the desire of deliberately using the Troisi Park not as a "case study" but only as an example. However, this does not mean that it deprives the exemplification of a heuristic value. Indeed, adapting the concept into the illustrative space of the small park allows, for example, to investigate the relationships between the core-infrastructure and the perim-

richiesto e aprire a una sperimentazione attenta alle caratteristiche eco-socio-tecniche dei singoli contesti.

NOTE

¹ Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima 2030.

² Capellaro, F., Barroco, F., Palumbo, C. (2020), *Le Comunità energetiche in Italia. Una guida per orientare i cittadini nel nuovo mercato dell'energia*, ENEA, 1-36.

eter-equipment and to verify, again for example, that it is by no means certain that the two elements must remain spatially and figuratively distant and distinct; and that the vertical space of the landmark can integrate with the circular-community space of the area of influence without creating either functional problems or safety issues (Fig. 8).

The relationship between core and related functions can change in many ways. It may depend on the different functional, spatial, and technological features of each production system and possibilities for integrating community spaces; on the 'circularity' of the closed and virtuous production cycle related to the locally available renewable sources; on the connections between the elements and the functions introduced inside and the reticular relationships with the context.

Such reflections can pave the way for research into a *different infrastructure*. Architecture can still take on an educating value, deeply dialogic toward both the context and the needs of those who inhabit it, to define real "supporting bases to make human life happen" (Pone, 2019).

The iterative process described advances through progressively validated hypotheses and feedback, constituting an essential methodological component (Amirante, 2018) of the intention to implement design thinking rooted in the complexity of the challenge for the climate resilience of cities. The peculiarity of this type of approach calls into question, in the formulation of the infrastructural system and technical devices, both the local resources and the settlement morphology and fabric. Taking into account both the dynamics of

³Quartiere della periferia est di Napoli che ha visto nascere nel 2021 la “prima Comunità Energetica e Solidale d’Italia” (Legambiente, 2021), che coinvolge 40 famiglie ed è realizzata con il supporto delle Fondazioni “Famiglia di Maria” e “Con il Sud.

⁴Si veda, a titolo di esempio, il caso della Uppsala Power Plant, di BIG. Progetto non realizzato per la città di Copenhagen.

RINGRAZIAMENTI

Il progetto KNOWING (knowing-climate.eu) è finanziato dalla Commissione Europea nell’ambito del programma Horizon Europe (GA 1011056841). Il progetto, coordinato da Austrian Institute of Technology, include 17 partner internazionali, tra cui l’Università di Napoli Federico II (Centro Studi PLINIVS, Dipartimenti di: Architettura; Strutture per l’Ingegneria e l’Architettura; Agraria; Scienze Sociali), ENEA (Divisione modelli e tecnologie per la riduzione degli impatti antropici e dei rischi naturali) e Comune di Napoli che, con il supporto di ANEA (Agenzia Napoletana Energia Ambiente) e numerosi stakeholder locali pubblici e privati, collaborano allo sviluppo del caso studio di Napoli.

REFERENCES

Amirante, R. (2018), *Il progetto come prodotto di ricerca. Un’ipotesi*, Lettera Ventidue, Siracusa.

Capellaro, F., Barroco, F. and Palumbo, C. (2020), *Le Comunità energetiche in Italia. Una guida per orientare i cittadini nel nuovo mercato dell’energia*, ENEA, pp. 1-36.

Bidmon, C.M. and Knab S. (2018), “The three roles of business models for socio-technical transitions. New linkages between business model and transition research”, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 178, pp. 903-916.

Cattini, A. (2021), “Un immaginario per guardare oltre la crisi climatica”, Duegradi. Available at: <https://www.duegradi.eu/news/crisi-immaginario/> (Accessed 15/12/2021).

the systems to which it is connected and the initial state of the prototype, the proposed approach moves the relationship with the place to the early stages of an infrastructural project. It is, therefore, the example, measuring itself against the qualities of the place, that suggests to the prototype the general features, which can give substance to such a ‘different infrastructure’ in which architecture can still take on an educational value, establishing a deep dialogue with both the context and the needs of those who inhabit it, to define real “supporting bases to make human life happen” (Pone, 2019).

Conclusions

The results of the first research phase, still far from providing tools and guidelines to support local stakeholders in the development of future scenarios related to the extensive spread-

ing of RECs in Italy, is a fundamental step to build connections between potentially complementary methods and approaches. It is carried out by different project disciplines, which are called to deal with the set of multidisciplinary skills that characterise the challenge related to Climate Resilient Development”.

The capacity to hold together vision and processes, representation and measurement makes design thinking a common thread for our disciplines, which can lead to the genuine methodological, operational, and cultural leap in scale required today.

ACKNOWLEDGMENT

Project KNOWING (knowing-climate.eu) is funded by the European Commission under the Horizon Europe programme (GA 1011056841). The project, coordinated by the Aus-

trian Institute of Technology, includes 17 international partners, including the Federico II University of Naples (PLINIVS Study Centre, Departments of: Architecture; Structures for Engineering and Architecture; Agriculture; and Social Sciences), ENEA (Division of Models and Technologies for the Reduction of Anthropogenic Impacts and Natural Hazards), and the Municipality of Naples, which, with the support of ANEA (Agenzia Napoletana Energia Ambiente) and numerous local public and private stakeholders, are collaborating on the development of the Naples case study.

IPCC (2022), *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, 3056.

Langer, A., “La conversione ecologica potrà affermarsi solo se apparirà socialmente desiderabile”. Available at: <https://www.alexanderlanger.org/140> (Accesso 1/5/2023).

Law J. and Callon M. (1992), *The life and death of an aircraft: a network analysis of technical change*, Bijker W, L. J., Shaping technology, building society, Massachusetts, MIT Press.

Legambiente (2022), *Comunità Rinnovabili 2022*.

Leone, M.F. and Raven, J. (2018), “Multi-scale and adaptive mitigation design methods for climate resilient cities”, *TECHNE Journal of Technology for Architecture and Environment*, Vol. 15, pp. 299.

Losasso, M. (2022), “Crisi interconnesse e complessità del Progetto”, *TECHNE Journal of Technology for Architecture and Environment*, Vol. 23, pp. 7-9.

Pone, M. (2019), “Architetture devianti. Il potenziale infrastrutturale dell’architettura”, in: *Ricerca in Vetrina 2018. Ricerca è democrazia. Il ruolo dell’attività scientifica nella costruzione di un futuro equo e sostenibile*. Available at: <https://hdl.handle.net/11590/362167>.

Raven, R., Heiskanen, E., Lovio, R., Hodson, M. and Brohmann, B. (2008), “The Contribution of Local Experiments and Negotiation Processes to Field-Level Learning in Emerging (Niche) Technologies Meta-Analysis of 27 New Energy Projects in Europe”, *Bulletin of Science, Technology & Society*, Vol. 28, pp. 464-477.

Van der Schoor, T. and Schlotens, B. (2014), “Power to the people: Local community initiatives and the transition to sustainable energy”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 43, pp. 666-675.

Wagner, O. (1911), *Die Groszstadt. Eine Studie Über Diese von Otto Wagner*, Verlag von Anton Schroll u. Komp.

Wagner, O. (1912), “The Development of a Great City”, *The Architectural Record*, Vol. 31, pp. 486-500.

trian Institute of Technology, includes 17 international partners, including the Federico II University of Naples (PLINIVS Study Centre, Departments of: Architecture; Structures for Engineering and Architecture; Agriculture; and Social Sciences), ENEA (Division of Models and Technologies for the Reduction of Anthropogenic Impacts and Natural Hazards), and the Municipality of Naples, which, with the support of ANEA (Agenzia Napoletana Energia Ambiente) and numerous local public and private stakeholders, are collaborating on the development of the Naples case study.

NOTES

¹ PNIEC Piano Nazionale Integrato per l’Energia e il Clima 2030.

² Capellaro, F., Barroco, F., Palumbo, C. (2020), *Le Comunità energetiche in Italia. Una guida per orientare i cit-*

tadini nel nuovo mercato dell’energia, ENEA, 1-36.

³ Neighborhood on the eastern side of Naples that saw the birth in 2021 of “Italy’s first Energy and Solidarity Community” (Legambiente, 2021), which involves 40 families and is implemented with the support of the Famiglia di Maria and Con il Sud Foundations.

⁴ An example is the case of the Uppsala Power Plant, by BIG. A project not implemented for the city of Copenhagen.

Renewable Energy Community: un'opportunità di rigenerazione energetica ed eco-sociale per i quartieri ERP

RICERCA E
SPERIMENTAZIONE/
RESEARCH AND
EXPERIMENTATION

Valeria D'Ambrosio, <https://orcid.org/0000-0002-0201-0590>

Alessandro Sgobbo, <https://orcid.org/0000-0001-9147-5877>

Dipartimento di Architettura, Università degli Studi di Napoli Federico II, Italia

valeria.dambrosio@unina.it

alessandro.sgobbo@unina.it

Abstract. Il contributo propone i risultati intermedi della sperimentazione progettuale di un insediamento di Edilizia Residenziale Pubblica in cui il modello della Comunità Energetica Rinnovabile è un'opportunità per la transizione energetica ma anche per soddisfare le esigenze di inclusione e collaborazione sociale che caratterizzano le complesse condizioni dell'abitare contemporaneo. Dimostrare l'efficacia transcalare e multifunzionale delle CER ne incentiva l'implementazione, soprattutto quando un quadro esigenziale complesso si confronta con limitate risorse disponibili. Pertanto, attraverso un approccio sistemico, metodi simulativi e indicatori di impatto, si è verificata l'intensità del contributo offerto dal modello CER, non solo in termini di decarbonizzazione e neutralità climatica ma anche come opportunità di rigenerazione eco-sociale.

Parole chiave: Comunità Energetiche Rinnovabili; Transizione energetica; Sostenibilità; Rigenerazione urbana; Edilizia Residenziale Pubblica.

Verso città sostenibili

Il *climate change* supporta un cambio di paradigma nell'ap-

proccio alla rigenerazione urbana. Obiettivi di efficienza energetica e sostenibilità ecologica emergono in coerenza con l'esigenza prioritaria di salvaguardia dell'integrità della biosfera.

La rassegna sulle buone pratiche di efficientamento a scala urbana ha dimostrato il raggiungimento di un'elevata maturazione dell'offerta in termini di prodotto (Wheeler, 2022). Tuttavia, quando il processo di implementazione e gestione è frutto di percorsi top-down i risultati sono deludenti, soprattutto nei contesti di deprivazione. Prevale infatti la dimensione conflittuale che porta queste esperienze ad esaurirsi in sé stesse e le soluzioni che ne avrebbero dovuto caratterizzare il successo diventano catalizzatrici di degrado (Loorbach *et al.*, 2016). Conseguentemente, oggi, gli studi sull'argomento si focalizzano su modelli volti a superare la lettura dicotomica tra produttore e consumatore in favore di un approccio circolare e metabolico

Renewable Energy
Community: an eco-
social urban regeneration
opportunity for PH
districts

Abstract. The paper presents the intermediate results of the design experimentation of a Public Housing development in which the Renewable Energy Community model is an opportunity for energy transition but also for the needs of social inclusion and collaboration, which characterise the complex conditions of contemporary housing. Demonstrating the transcalar and multifunctional effectiveness of RECs incentivises their implementation, especially when a complex demanding framework is confronted with limitedly available resources. Hence, through a systemic approach, simulative methods and impact indicators, the extent of the contribution offered by the REC model was verified not only in terms of decarbonisation and climate neutrality but as an opportunity for eco-social regeneration.

Keywords: Renewable Energy Communities; Energy transition; Sustainability; Urban regeneration; Public Housing (PH) districts.

che può trovare nelle Comunità Energetiche Rinnovabili (CER) una risposta efficace (Koirala *et al.*, 2016).

Il potenziale delle CER supera gli aspetti energetici e rappresenta un'opportunità per raggiungere e mantenere obiettivi rigenerativi anche in campo sociale e ambientale, i cui esiti sono ancora limitatamente indagati (Hewitt *et al.*, 2019). Già il modello delle CERS – Comunità Energetiche Rinnovabili e Solidali, promosso da Legambiente, è un primo passo in questa direzione. Tuttavia, il tema è ancora confinato agli aspetti energetici e alla questione sociale limitata al contrasto all'*energy poverty*.

Eppure, valorizzare gli effetti eco-sociali e ambientali costituirebbe un incentivo all'implementazione delle CER. Risponderebbe, infatti, all'esigenza di transcalarità e multifunzionalità richiesta agli investimenti in regime di rigore dei bilanci pubblici (Sgobbo, 2017; 2018).

Nel presente contributo si illustrano i risultati intermedi di una ricerca, sviluppata presso l'Università di Napoli Federico II, volta a promuovere le CER quali occasioni di rigenerazione socio-ecologica delle periferie metropolitane. La tesi è che la CER, favorendo la partecipazione dei cittadini alla transizione energetica, soddisfa obiettivi di *climate neutrality* ma anche le esigenze di inclusione e collaborazione che caratterizzano le complesse condizioni dell'abitare contemporaneo.

La ricerca è finanziata da un accordo contratto con Regione Campania e Agenzia Campania per l'Edilizia Residenziale (ACER) e prende spunto dal rinnovato approccio esigenziale del PINQuA – Programma Innovativo Nazionale per la Qualità dell'Abitare – che pone l'accento sulla necessità di accompagnare la transizione energetica con la rigenerazione urbana. Su

Towards sustainable cities

Climate change brings about a paradigm shift in the approach to urban regeneration. Objectives of energy efficiency and ecological sustainability are emerging, in line with the priority of protecting the biosphere.

The review of literature and best practices on energy efficiency at urban scale has shown us that a significant maturity has been reached in the offer of effective solutions (Wheeler, 2022). However, the results are disappointing when the implementation and management process are based on top-down practices, especially in the contexts of economic and social deprivation. In fact, the conflictual dimension that leads these experiences to exhaust themselves prevails and the solutions that should have characterised their success become catalysts of degradation (Loorbach *et al.*, 2016). Hence to-

day studies on urban energy efficiency focus on models aimed at overcoming the dichotomy between producer and consumer in favour of a circular and metabolic approach, which finds an effective response in renewable energy communities (RECs) (Koirala *et al.*, 2016).

The potential of RECs goes beyond the energy efficiency aspects and aids in achieving and maintaining social and environmental objectives, whose outcomes are limitedly investigated (Hewitt *et al.*, 2019). The supportive and renewable energy community model, promoted by Legambiente, is a first step in this direction. However, this model also focuses on the energy aspects, while social aspects are limited to the fight against energy poverty.

However, enhancing the eco-social and environmental benefits of RECs would promote their implementation.

tale aspetto si è focalizzata la selezione dei progetti finanziati dal programma.

L'ACER, proprietaria del quartiere ERP San Gaetano di Napoli, possedeva un progetto di riqualificazione edilizia già in grado di assicurare un adeguato livello di efficienza energetica. Per il bando PINQuA l'Ente ha redatto un PFTE integrando il precedente elaborato al fine di soddisfare gli obiettivi eco-sociali del programma. Tuttavia, il budget limitato ha corrisposto a proposte di compromesso in cui i temi energetici e socio-ambientali sono stati affrontati parallelamente ma con risultati deludenti. L'accordo con l'Ateneo federiciano ha permesso lo sviluppo di un progetto pilota che, integrando rigenerazione urbana e transizione energetica attraverso il modello CER, è risultato meritevole di finanziamento ed è in corso di attuazione.

Approccio metodologico La ricerca è sviluppata in tre fasi. La prima ha previsto la sperimentazione progettuale per il quartiere San Gaetano di Napoli, a partire dal quadro degli obiettivi di transizione energetica, di sostenibilità ambientale e di riqualificazione sociale richiesti dal programma PINQUA. Il modello CER è stato individuato quale principale strumento per raggiungere tale risultato. Nella seconda fase il progetto è stato confrontato, sulla base di un set di indicatori di impatto sociale ed ecosistemico, con le alternative progettuali sviluppate in precedenza dall'ACER sull'area. La terza fase prevede la verifica *ex post* dei livelli di *compliance* del progetto con i fruitori della CER e di mantenimento nel tempo dei risultati ottenuti in termini energetici, ecosistemici e di inclusività.

In fact, it would be consistent with the need for transcalar and multifunctional investments required under strict public budget systems (Sgobbo, 2017; 2018).

This paper illustrates the intermediate results of a research project, developed at the Federico II University of Naples, aimed at promoting the RECs as opportunities for the socioecological regeneration of metropolitan suburbs. The thesis is that the RECs, by promoting the participation of citizens in energy transition, meet not only the climate neutrality objectives but also the need for inclusion and collaboration characterising the complex conditions of contemporary living.

The research project, financed by the Campania region and the Campania agency for public housing (ACER), takes its cue from the renewed need-based approach of the PINQuA pro-

gramme (National innovative programme for the quality of housing) that underscores the need to accompany the energy transition with urban regeneration. In fact, the projects financed with public funds were chosen taking this aspect into account.

ACER, the owner of the San Gaetano PH district in Naples, had already drawn up a building redevelopment project that ensured an adequate level of energy efficiency. For the PINQuA programme, another technical-economic feasibility project (PFTE) was drawn up integrating the previous project to meet the eco-social objectives of the programme. However, due to limited budget, solutions that tackled energy efficiency and socio-environmental issues in parallel were poor. The agreement with the Federico II University has allowed the development of a new pilot project, which integrates

Fase 1

Nella prima fase il progetto ha previsto la combinazione degli aspetti funzionali-spaziali e tecnologico-ambientali con quelli di tipo organizzativo-gestionale per la produzione e la distribuzione dell'energia basati sulle CER al fine di massimizzare gli obiettivi di transizione verso l'utilizzo di energia rinnovabile, la gestione ottimizzata delle risorse, l'adattamento e la mitigazione climatica. Attraverso un approccio di tipo simulativo, è stato valutato il potenziale energetico fornito dalla CER che assume un ruolo strategico, viste le caratteristiche di densità del contesto urbano e la necessità di attuare la decarbonizzazione dell'insediamento residenziale. La CER è stata simulata coincidente con l'area di intervento considerando tutti gli edifici di progetto, le aree esterne e le attrezzature; il bilancio energetico della CER è stato calcolato stimando i fabbisogni diurni residenziali e la produzione elettrica da FER. La producibilità è stata calcolata con il tool della Commissione europea PVGIS per 1 kW di potenza installata. L'impiego prevalentemente di sistemi fotovoltaici è stato coniugato con strategie di riduzione del fabbisogno energetico degli edifici. L'approccio simulativo ha riguardato, infatti, la valutazione di alternative tecniche in relazione alla verifica del comportamento in regime estivo e invernale delle soluzioni di involucro opaco e di copertura utilizzando il software PAN 7.1. La minimizzazione delle dispersioni energetiche, il contributo degli apporti solari diretti e l'apporto della ventilazione naturale, hanno rappresentato il punto di partenza per l'impostazione della CER. Il progetto, infine, ha previsto la simulazione *ex ante* ed *ex post*, mediante l'utilizzo di modelli sperimentali, di alcuni fattori chiave legati alla transizione energetica e alla neutralità climatica quali l'im-

urban regeneration and energy transition through the REC model. This project was judged worthy of funding under the PINQUA programme, and is currently in progress.

Methodological approach

The research is developed in three phases. The first involved design experimentation for the San Gaetano neighbourhood in Naples, starting from the framework of energy transition, environmental sustainability and social upgrading goals required by the PINQUA programme. The REC model was identified as the main tool to achieve this result. In the second phase, the project was compared to a set of social and ecosystemic impact indicators with project alternatives previously developed on the area by ACER. The third phase involves *ex-post* verification of the project's levels of compliance

with REC users, and maintenance over time of the results achieved, in terms of energy, ecosystem and inclusiveness.

Phase 1

In the first phase, the project involved the combination of functional-spatial and technological-environmental aspects with organisational-management aspects for REC-based energy production and distribution to maximise the goals of transition to renewable energy use, optimised resource management, adaptation, and climate mitigation. Through a simulation-based approach, the energy potential provided by RECs was evaluated, which assumes a strategic role considering the density characteristics of the urban context and the need to implement decarbonisation of the residential settlement. The REC was simulated considering all project buildings, outdoor areas and equip-

patto climatico sulla popolazione soggetta a povertà energetica, le emissioni di CO₂ e l'efficienza ecologica del verde. Il primo fattore è stato verificato attraverso l'applicazione del modello gerarchico *GIS-based* che definisce l'impatto climatico come relazione tra la vulnerabilità del sistema fisico (edifici e spazi aperti), l'esposizione e l'*hazard* (Aprèda *et al.*, 2019). In particolare, è stato verificato l'impatto dell'*heat wave* sulla popolazione residente soggetta a povertà energetica in scenari a medio termine (D'Ambrosio *et al.*, 2023). L'impatto è stato verificato rispetto a cinque classi (da 1-alto a 5-basso) utilizzando specifici indicatori di vulnerabilità del sistema fisico (per gli edifici: volume, sfasamento, attenuazione, soleggiamento; per gli spazi aperti: permeabilità dei suoli, *sky view factor*, soleggiamento, albedo, *normalized difference vegetation index*) e come *hazard* lo scenario di pericolosità *heat wave* a medio termine (2040-2070) elaborato su Napoli secondo un modello di potenziale stabilizzazione di concentrazioni di gas serra RCP – *Representative Concentration Pathways 4.5* (D'Ambrosio *et al.*, 2017). Le emissioni di CO₂ sono state valutate rispetto a un campione significativo di edifici, con riferimento a tipi edilizi e tecniche costruttive ricorrenti, di cui sono state effettuate le simulazioni energetiche sia dello stato di fatto che con soluzioni *climate proof* mediante il *software* MasterClima MC 11300 (Tersigni *et al.*, 2021). Anche in questo caso gli esiti sono stati simulati rispetto a cinque classi di emissione di CO₂ e aggregati per sezione censuaria. Infine, l'indice di efficienza ecologica del verde per abitante ha valutato l'incidenza del verde urbano in grado di erogare servizi ecosistemici e ridurre gli stress climatici sulla popolazione residente (Cardone *et al.*, 2023). L'indice è stato calcolato a partire dall'individuazione, mediante un modello

ment. The energy balance of the REC was calculated by estimating residential daytime needs and electrical production from RES. Productivity was calculated with the European Commission PVGIS tool per 1 kW of installed capacity. The predominant use of photovoltaic systems was combined with strategies to reduce building energy demand. In fact, the simulative approach involved the evaluation of technical alternatives in relation to the verification of summer and winter performance of opaque envelope and roofing solutions using PAN 7.1 software. The minimisation of energy losses, the contribution of direct solar inputs, and the contribution of natural ventilation provided the starting point for the REC setting. Finally, the project included the *ex-ante* and *ex-post* simulation, using experimental models of some key factors related to energy

transition and climate neutrality such as climate impact on the energy-poor population, CO₂ emissions, and green ecological efficiency. The first factor was verified through the application of the GIS-based hierarchical model, which defines Climate Impact as the relationship between the vulnerability of the physical system (buildings and open spaces), exposure, and hazard (Aprèda *et al.*, 2019). In particular, the impact of heat wave on the population subject to fuel poverty in medium-term scenarios was tested (D'Ambrosio *et al.*, 2023). The impact was checked for five classes (1-high to 5-low) using specific vulnerability indicators of the physical system (for buildings: volume, thermal lag, attenuation, sunshine; for open spaces: permeability of soils, sky view factor, sunshine, albedo, normalised difference vegetation index), and as hazard, the medium-

GIS-based, di un indicatore sintetico di valutazione dell'efficienza ecologica delle aree verdi pubbliche esistenti (D'Ambrosio *et al.*, 2022).

Fase 2

La seconda fase della ricerca si focalizza sugli aspetti di qualità sociale ed ecosistemica.

Predisposto il set di indicatori, il progetto pilota (P₁) esito della prima fase, è stato confrontato con due alternative di intervento: il progetto (P₂) già posseduto dall'Ente prima della pubblicazione del bando PINQuA ed il PFTE (P₃) sviluppato da ACER adeguando P₂ ai nuovi obiettivi di rigenerazione urbana posti dal Programma.

Gli impatti sociali sono stati misurati con la metodologia del *Social Impact Assessment* proposta da Dietz (1987) e secondo la teoria dell'approccio delle capacità come rielaborata da Nussbaum (2001). In particolare, gli indicatori sono raggruppati secondo due temi: disagio abitativo e servizi e qualità urbana. Per il primo gruppo sono stati considerati:

- variazione ponderata dell'indice di affollamento – ΔI_a – rapporto di due differenze: la prima si ottiene sottraendo al valore attuale dell'indice di affollamento nel quartiere il valore misurato dopo l'attuazione del progetto; la seconda sottraendo al medesimo valore attuale l'indice di affollamento medio regionale (il risultato più alto è migliore);
- variazione dell'indice di coerenza – $\Delta I_c = (N_{c_1} - N_{c_0})/NT$ dove: N_{c_1} è il numero di abitazioni con dotazioni igienico-sanitarie coerenti con la composizione dello *householder* calcolato dopo l'attuazione del progetto; N_{c_0} è il medesimo numero calcolato allo stato di fatto; NT è il numero com-

term heat wave hazard scenario (2040-2070) elaborated on Naples, according to a model of potential stabilisation of greenhouse gas concentrations RCP – Representative Concentration Pathways 4.5 (D'Ambrosio *et al.*, 2017). CO₂ emissions were assessed against a significant sample of buildings with reference to recurring building types and construction techniques, whose energy simulations were carried out considering both the actual state and using climate proof solutions with the MasterClima MC 11300 software (Tersigni *et al.*, 2021). Again, the outcomes were simulated against five CO₂ emission classes and aggregated by census section. Finally, the green ecological efficiency index per inhabitant assessed the incidence of urban greenery in delivering ecosystemic services and reducing climate stresses on the resident population (Cardone *et al.*, 2023).

The index was calculated with a synthetic indicator to assess the ecological efficiency of existing public green areas, identified with a GIS-based model (D'Ambrosio *et al.*, 2022).

Phase 2

The second phase of the research focuses on aspects of social and ecosystemic quality.

Having prepared the set of indicators, the pilot project (P₁), the outcome of the first phase was compared with two alternative interventions: the project (P₂) already owned by ACER before the publication of the PINQuA calls for tenders, and the PFTE (P₃) developed by ACER adapting P₂ to the new urban regeneration objectives set by the Programme.

Social impacts were measured based on the social impact assessment methodology proposed by Dietz (1987)

plussivo delle abitazioni ERP del quartiere (variabile tra 0, peggiore e 1, migliore).

Per servizi e qualità urbana si sono misurati, per ognuna delle 4 tipologie di standard urbanistici previste dalle norme (istruzione; interesse comune; parcheggi; verde attrezzato, sport e tempo libero):

- dotazione teorica ponderata – STx – rapporto tra superficie pro capite di aree destinate al servizio di tipologia x ed il relativo valore medio regionale (il valore più alto è migliore);
- dotazione effettiva – SEx – rapporto tra superficie effettivamente trasformata nel servizio x e superficie a ciò destinata (variabile tra 0, peggiore e 1, migliore);
- variazione dell'indice ponderato di accessibilità – $\Delta SAy = (sy_1 - Sy)/(sy_0 - Sy)$ dove: sy_0 e sy_1 misurano, in slp, rispettivamente prima e dopo l'attuazione del progetto, la dotazione pro capite di edifici destinati al servizio y (culturale; sanitario; amministrativo; sociale) e Sy misura il medesimo valore nel più vicino capoluogo di provincia (il risultato migliora all'avvicinarsi allo zero).
- Per gli impatti ecosistemici gli indicatori selezionati sono:
- incremento della permeabilità pro capite del suolo – $\Delta Ip = (Sp_1 - Sp_0)/h$ dove: Sp_0 e Sp_1 misurano la superficie permeabile nel quartiere rispettivamente prima e dopo l'attuazione del progetto e h è il numero di abitanti insediato (il valore più alto è migliore);
- variazione dell'indice di resilienza idraulica – ΔIr – rapporto tra i valori, assunti rispettivamente dopo e prima l'attuazione del progetto, del numero di giorni in cui, in media, nel corso di un anno, si registrano allagamenti degli spazi aperti, misurato su un orizzonte temporale di 10 anni

and the capability approach theory reworked by Nussbaum (2001). Particularly, the indicators were grouped according to two themes: housing deprivation; facilities and urban quality. The following indicators were considered for the first group:

- the weighted variation of the crowding index – ΔIa – the ratio of two differences: the first difference is obtained by subtracting the value of the crowding index in the neighbourhood measured after the implementation of the project from the current value, and the second difference is obtained by subtracting the regional average crowding index from the current value in the neighbourhood (the higher the better);
- the variation of the coherence index – $\Delta Ic = (Nc_1 - Nc_0)/NT$, where Nc_1 is the number of dwellings with hygienic sanitary facilities consist-

ent with the composition of the householder calculated after the implementation of the project; Nc_0 is the same number calculated as it is now; and NT is the total number of dwellings in the district (0 – worst and 1 – best).

- for facilities and urban quality, for each of the four types of urban planning facilities envisaged by the law (education facilities, general facilities, parking lots, and green areas equipped for sport and leisure time) the following indicators are considered:
- the weighted potential endowment – STx – the ratio between the per capita surface area of areas intended for the x-type facility by the project and its regional average value (the higher the better);
- the effective endowment – SEx – the ratio between the surface area actu-

proiettando, con la metodologia suggerita da Mazzarella (1999), le tabelle pluviometriche dell'area napoletana (variabile tra 0, migliore e 1, peggiore);

- indice di greening – Ig – rapporto tra superficie evapo-traspirante e superficie territoriale (variabile tra 0, peggiore e 1, migliore).

La terza fase della ricerca, in corso, riguarderà il periodo di realizzazione dei lavori e proseguirà per il quinquennio successivo. È finalizzata alla verifica ex post di alcuni indicatori sintetici in grado di misurare: conflittualità, aderenza dei fruitori alla CER e mantenimento nel tempo dei risultati. Ciò avverrà con misurazioni empiriche e testando la corte dei fruitori non professionali con interviste semi strutturate secondo la metodologia suggerita da Bichi (2005).

La sperimentazione progettuale di una CER nel quartiere San Gaetano a Napoli

La sperimentazione progettuale si concentra su un complesso ERP di proprietà dell'ACER e, tra i principali obiettivi, si pone quello di incrementare la qualità

ecosistemica del quartiere, ridurre gli impatti sociali, ridurre il consumo di risorse materiali ed energetiche, massimizzare gli interventi di adattamento e di mitigazione climatica.

Il quartiere si caratterizza per i valori di elevata densità insediativa in cui si rilevano condizioni di forte disagio abitativo, di esclusione sociale e presenza di famiglie che vivono in condizioni di povertà assoluta, in linea con quanto emerge dalle stime ISTAT che registrano al 2020 un'incidenza per il Mezzogiorno pari al 9,4% rispetto al 2,5% del 2005. Un elevato indice di affollamento, inoltre, caratterizza circa il 90% degli edifici re-

ally transformed into the facility x and the surface area intended for this by the project (0 – worst and 1 – best);

- the variation of the weighted accessibility index – $\Delta SAy = (sy_1 - Sy)/(sy_0 - Sy)$, where sy_0 and sy_1 measure the per capita gross floor area endowment of buildings intended for facility y (cultural facilities, health facilities, administrative facilities, and social facilities), before and after implementation of the project, respectively; and Sy measures the same value in the nearest provincial capital (the result improves as it approaches zero).

For ecosystemic impacts, the selected indicators are as follows:

- the increase in per capita soil permeability – $\Delta Ip = (Sp_1 - Sp_0)/h$, where Sp_1 and Sp_0 measure the permeable surface in the neighbourhood be-

fore and after the implementation of the project, respectively, and h is the number of settled inhabitants (the higher the better);

- the variation of the hydraulic resilience index – ΔIr – the ratio between the values, taken after and before the implementation of the project, respectively, of the number of days when, on average, over the course of a year, open spaces in the neighbourhood are flooded. These numbers are measured forecasting rainfall intensity for the next 10 years using the methodology suggested by Mazzarella (1999) on the bases of the rainfall tables of the Neapolitan area (the result improves as it approaches zero);
- the greening index – Ig – the ratio between the evapotranspiring surface area and overall neighbourhood surface area (0 – worst and 1 – best).

sidenziali, la maggior parte dei quali esprime livelli di degrado, di discomfort, di scarsa illuminazione e ventilazione naturale negli alloggi. Carenti, infine, risultano le dotazioni di servizi e attrezzature, in particolar modo, per le fasce deboli della popolazione. Le caratteristiche costruttive degli involucri edilizi e la prevalenza di suoli impermeabili con ridotti valori di albedo costituiscono specifici fattori, da un lato, di incidenza sulle emissioni di CO₂ in atmosfera, dall'altro sulla vulnerabilità rispetto a fenomeni climatici intensi.

La sperimentazione si è concentrata su tre aree del quartiere ritenute strategiche per la rigenerazione complessiva prevedendo la realizzazione di 152 alloggi: l'area 1 nella quale sono realizzati nuovi edifici residenziali *nearly Zero Energy Building* e un Parco della Comunità Energetica; l'area 2 interessata da un intervento di demolizione di alloggi esistenti e realizzazione di nuovi edifici nZEB, aree verdi *climate proof*, attrezzature e parcheggi interrati; l'area 3 in cui si prevede un intervento di deep retrofit dell'edificio residenziale esistente (Fig. 1). La CER è stata dimensionata rispetto ai profili di consumo orario delle utenze coinvolte (edifici residenziali, strutture terziarie, servizi comuni dell'area) e rispetto alle superfici disponibili per l'installazione delle FER che ricadono nelle tre aree strategiche. Il modello può essere ampliato e coinvolgere successivamente altri soggetti, sia privati che pubblici, presenti nel quartiere (Fig. 2). La scelta di costituire una CER nel quartiere ha rappresentato l'istituzione di un modello di produzione energetica e di gestione finalizzato al contrasto delle disuguaglianze sociali, della povertà energetica e delle emissioni climalteranti. La comunità energetica del quartiere risulta strettamente connessa all'autoproduzione energetica attuata con sistemi fotovoltaici

integrati nell'involucro edilizio per aumentare le superfici, e quindi la produzione, secondo sistemi ibridi innovativi per l'incremento dei rendimenti e per la combinazione tra FV e solare termico. Il modello è stato proposto sulla base della diffusione delle tecnologie digitali per uno scambio dati bidirezionale fra i consumatori e la rete, nonché attraverso una programmazione della domanda e dei consumi per uno scambio di energia peer-to-peer fra i membri della comunità, in quel momento non autosufficienti (Chiaroni *et al.*, 2019). L'intervento è finalizzato inoltre agli obiettivi di neutralità climatica per il 2050 in cui la sperimentazione progettuale può rappresentare un'azione pilota replicabile nell'intero quartiere.

Ricadute per gli aspetti ambientali ed energetici

Le soluzioni individuate nella sperimentazione progettuale agiscono principalmente su tre aspetti prioritari che attengono alla riduzione dei fabbisogni energetici, all'utilizzo di impianti termici efficienti e all'integrazione delle fonti energetiche rinnovabili prevalentemente sistemi *Building Integrated PhotoVoltaic* con moduli ibridi in silicio monocristallino in copertura e moduli FV in vetro stratificato per i parapetti. La potenza complessiva pari a circa 200 kW consente, su base annua, di coprire il 100% dei consumi diurni degli edifici residenziali e terziari e oltre il 65% dei consumi totali degli edifici, delle attrezzature e delle aree esterne (Tab. 1). Tale copertura può essere incrementata con sistemi di accumulo per lo stoccaggio dell'energia prodotta in surplus da utilizzare per i fabbisogni notturni, per l'illuminazione esterna o per la ricarica delle auto elettriche. La progettazione di involucri non disperdenti, sia per gli edifici *ex novo* che di riqualificazione, è

The third phase of the research, currently in progress, concerns the period of construction and will continue for the following 5 years. It is aimed at the ex-post verification of some synthetic indicators capable of measuring conflict attitude, compliance of users to the REC, and maintenance of achieved results over time. This works with empirical measurements and by testing the court of non-professional users with semi-structured interviews according to the methodology suggested by Bichi (2005).

The design experimentation of a REC in the San Gaetano district in Naples
The design experiment focuses on a PH district owned by ACER and, among its main objectives, it aims to increase the ecosystemic quality of the neighbourhood, reduce social impacts, reduce the consumption of material

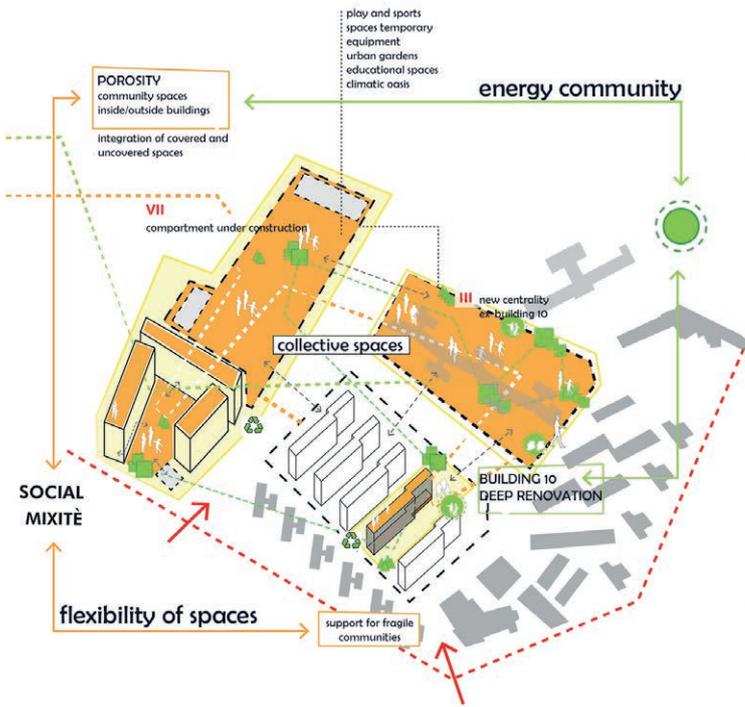
and energy resources, and maximise adaptation and climate mitigation interventions.

The neighbourhood is characterised by the values of high settlement density in which conditions of high housing deprivation, social exclusion and presence of families living in absolute poverty are noted, in line with what emerges from ISTAT estimates, which recorded, in 2020, an incidence for the South of Italy of 9.4 percent compared to 2.5 percent in 2005. Moreover, a high crowding index characterises about 90 percent of residential buildings, most of which express levels of decay, discomfort, poor lighting and natural ventilation in housing. Finally, there is a lack of services and equipment, especially for the weaker segments of the population. The construction characteristics of the building envelopes and the prevalence of impermeable soils

with reduced albedo values constitute specific factors, on the one hand, affecting CO₂ emissions into the atmosphere, and on the other, vulnerability to intense climatic phenomena.

The experimentation focused on three areas of the neighbourhood considered strategic for overall regeneration by providing for the construction of 152 housing units: area 1 in which new residential *nearly Zero Energy Buildings* and an Energy Community Park are built; area 2 involved in the demolition of existing housing and the construction of new nZEB buildings, green climate proof areas, equipment and underground parking lots; and area 3 in which a deep retrofit of the existing residential building is planned (Fig. 1). The REC was sized with respect to the hourly consumption profiles of the utilities involved (residential buildings, tertiary facilities, common services in

the area) and with regard to the areas available for RES installation that lie in the three strategic areas. The model can be expanded and subsequently involve other private and public stakeholders in the neighbourhood (Fig. 2). The decision to establish a REC in the neighbourhood represented the establishment of an energy production and management model aimed at combating social inequality, energy poverty and climate changing emissions. The neighbourhood energy community appears to be closely linked to energy self-production implemented with photovoltaic systems integrated into the building envelope to increase surfaces, and thus production, according to innovative hybrid systems for increasing yields and combining PV and solar thermal systems. The proposed model is based on the spread of digital technologies for two-way data



stata perseguita verificando che gli indici di trasmittanza termica stazionaria e periodica risultassero al di sotto dei limiti normativi (edificio ex novo $U=0,14$ Kw/mq annuo; $Y_{ie}=0,045$ W/mqK; retrofit edilizio $U=0,17$ Kw/mq annuo; $Y_{ie}=0,002$ W/mqK). L'orientamento dei nuovi edifici e la distribuzione funzionale-spaziale degli alloggi hanno inteso massimizzare l'apporto solare diretto, favorire la ventilazione incrociata integrando sistemi di schermatura solare per il controllo delle condizioni di comfort indoor in regime estivo. Infine, l'impiego di

exchange between consumers and the grid, as well as through demand and consumption scheduling for peer-to-peer energy exchange among community members, who are not self-sufficient at that time (Chiaroni *et al.*, 2019). The intervention is also aimed at climate neutrality goals for 2050 in which the design experimentation can be a replicable pilot action in the entire neighbourhood.

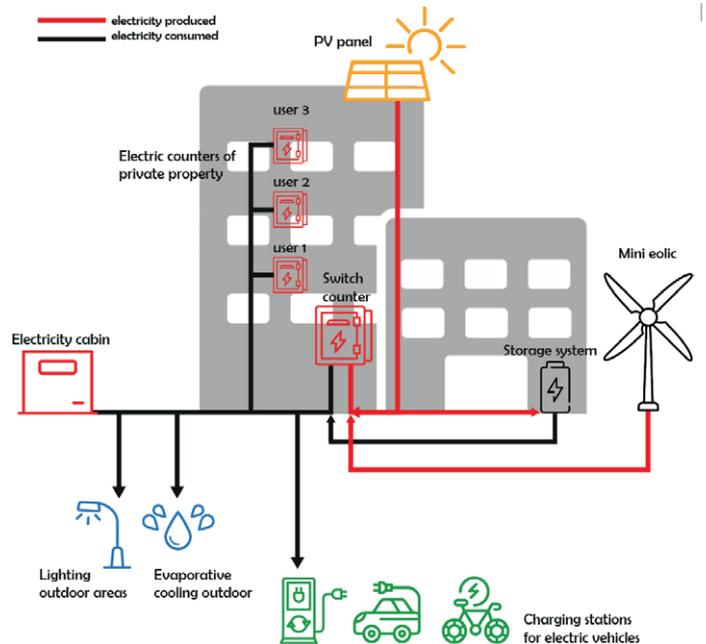
Fallout for environmental and energy aspects

The solutions identified in the design experimentation mainly target three priority aspects concerning the reduction of energy needs, the use of efficient thermal systems, and the integration of renewable energy sources, mostly Building Integrated PhotoVoltaic systems with monocrystalline silicon hybrid modules in the roof, and laminat-

ed glass PV modules for the parapets. The use of micro-wind generators has also been planned in the energy park. The total power of approximately 200 kW makes it possible, for each year, to cover 100% of the daytime consumption of residential and tertiary buildings, and more than 65% of the total consumption of buildings, equipment, and outdoor areas (Tab. 1). This coverage can be increased with storage systems for storing surplus energy produced to be used for night-time needs, outdoor lighting or electric car charging. The design of non-dispersing envelopes, for both *ex novo* and retrofit buildings, was pursued by verifying that the stationary and periodic thermal transmittance indices were below regulatory limits (*ex novo* building $U=0.14$ Kw/sq m per year; $Y_{ie}=0.045$ W/sq mK; retrofit building $U=0.17$ Kw/sq m per year; $Y_{ie}=0.002$ W/sq mK). The



pompe di calore ad alta efficienza, gestite attraverso un sistema di automazione, controllo, monitoraggio ed ottimizzazione degli impianti, favorisce il risparmio energetico, riducendo i costi, diretti ed indiretti e quelli della manutenzione. Il progetto degli spazi aperti privilegia la deimpermeabilizzazione dei suoli, il greening urbano, l'adozione di materiali e so-



Tab. 01 | Dati di bilancio energetico della CER definendo autoconsumo il rapporto tra l'energia prodotta dagli impianti fotovoltaici ed i consumi (solo diurni e totali)
 REC energy balance data defining self-consumption as the ratio of energy produced by PV systems to consumption (daytime only and total)

Tab. 02 | Valori degli indici e degli indicatori utilizzati per la simulazione della rispondenza del progetto agli obiettivi di transizione energetica e neutralità climatica
 Values of indices and indicators used for the simulation of project compliance with energy transition and climate neutrality goals

Tab. 01 |

	ANNUAL BUDGET		WINTER MONTHLY BUDGET		SUMMER MONTHLY BUDGET	
	Total electrical demand	Electricity production	Total electrical demand	Electricity production	Total electrical demand	Electricity production
	368780 kWh	238413 kWh	33711 kWh	10294 kWh	32911 kWh	29785 kWh
Self-consumption on daytime consumption		122%		62%		150%
Self-consumption on total consumption		65%		31%		90%

luzioni tecniche per la resilienza climatica e la valorizzazione dei servizi ecosistemici (Fig. 3). Tra le principali soluzioni sono state privilegiate le *nature based solutions* per incrementare la capacità di evapotraspirazione e drenaggio delle acque meteoriche superficiali. La scelta di materiali cosiddetti “freddi” (caratterizzati da elevata riflettanza solare con SRI>29), di sistemi di raffrescamento nebulizzato nelle aree attrezzate, di tetti verdi nonché di aree ombreggiate, si configurano come soluzioni mirate a garantire una risposta efficace all’adattamento climatico. Il modello di impatto dell’*heat wave* sulla popolazione esposta a povertà energetica consente di stimare la riduzione di una classe rispetto a uno scenario climatico a medio termine, confermando la capacità del progetto di rispondere alle esigenze di adattamento climatico rispetto a condizioni di maggiore intensità e durata del fenomeno. Anche l’indice di efficienza ecologica per abitante restituisce un miglioramento significativo per l’intero quartiere di oltre il 90%, contribuendo così a potenziare lo sviluppo di servizi ecosistemici in un contesto caratterizzato da una elevata densità abitativa. Infine, rispetto alle emissioni

orientation of the new buildings and the functional-spatial distribution of housing intended to maximise direct solar gain encourage cross-ventilation by integrating solar shading systems to control indoor comfort conditions in summer. Finally, the use of high efficiency heat pumps, managed through a system of automation, control, monitoring and optimisation of the systems, promotes energy savings, reducing both direct and indirect costs, and maintenance expenses. Open space design prioritises making soil permeable to water, urban greening, adoption of materials and technical solutions for climate resilience, and enhancement of ecosystemic services (Fig. 3). Among the main solutions, nature-based solutions have been favoured to increase the evapotranspiration and drainage capacity of surface stormwater. The choice of so-called

“cool” materials (characterised by high solar reflectance with SRI>29), nebulised cooling systems in equipped areas, green roofs as well as shaded areas, are solutions aimed at ensuring an effective response to climate adaptation. The heat wave impact model on the population exposed to fuel poverty allows to estimate one class reduction compared to a medium-term climate scenario, confirming the project’s capability to respond to climate adaptation needs with respect to conditions of higher intensity and duration of the phenomenon. The ecological efficiency index per inhabitant also returns a significant improvement for the entire neighbourhood of more than 90 percent, thus helping to enhance the development of ecosystem services and preserving biodiversity in a context characterised by high housing density. Finally, with respect to building CO₂

PHASES	INDICATORS		INDEX
	H.W. impact on energy poverty (Class)	CO ₂ emissions buildings (Kg/sqm/year)	Ecological Benefit index (sqm × Ab)
Current status	2 (medium-high)	20 ≤ CO ₂ ≤ 34	12.34
Project	3 (medium)	12 ≤ CO ₂ ≤ 20	24.23

Tab. 02

di CO₂ degli edifici, si registra la riduzione di una classe (Tab. 2). Tale aspetto potrà essere migliorato estendendo, con azioni di progressive upgrade, la rete della CER nel quartiere fino a raggiungere condizioni di autosufficienza energetica. Attraverso l’approccio sistemico e l’utilizzo di modelli innovativi di produzione e gestione delle risorse energetiche, sarà possibile fornire una risposta efficace agli obiettivi di decarbonizzazione e neutralità climatica, favorendo azioni di rigenerazione urbana in contesti con elevata densità abitativa.

emissions, there is a reduction of one class (Tab. 2). This can be improved by extending, with progressive upgrading actions, the REC network in the neighbourhood until conditions of energy self-sufficiency are achieved. Through the systems approach and the use of innovative models of production and management of energy resources, it will be possible to provide an effective response to decarbonisation and climate neutrality objectives, encouraging urban regeneration actions in high density housing contexts.

Analysis of results: comparison on social and ecosystemic aspects
 The following table shows the results recorded by the social and ecosystemic performance indicators measured for the pilot project P₁ (Fig. 3) and for the alternative projects P₂ and P₃ drawn up by ACER (Tab. 3).

The indicators of housing deprivation show the best performances for P₁ both for the weighted variation of the crowding index and for the variation of the hygienic-sanitary consistency index. A value of 0.684 is achieved, which is the best possible result given the starting conditions. This is obtained with the construction of an additional building (building AB) intended for temporary housing. This was possible thanks to the resources obtained by capitalising the savings obtained from the implementation of a REC. In fact, the REC reduces both the expected arrears (due to the lower costs that will be borne by the tenants) and the maintenance costs of public areas (for the care by citizens, given their direct involvement – Sgobbo and Moccia, 2016). Furthermore, the temporary nature of the assignment is expected to solve the difficult problem

**Analisi dei risultati:
confronto sugli aspetti
sociali ed ecosistemici**

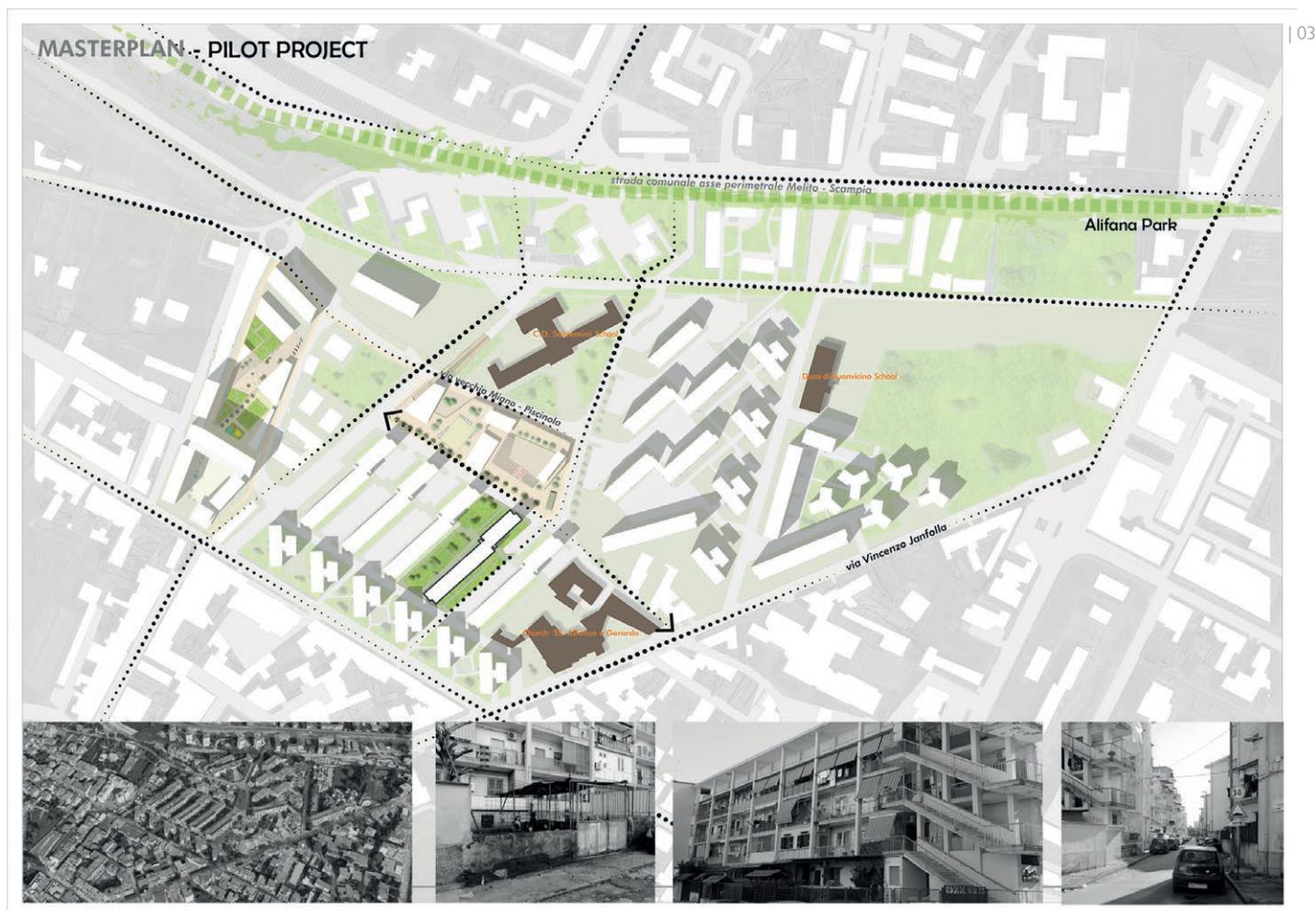
per il progetto pilota P_1 (Fig. 3) e per le alternative di intervento P_2 e P_3 redatte da ACER (Tab. 3).

Gli indicatori di disagio abitativo evidenziano per P_1 le migliori performance sia per la variazione ponderata dell'indice di affollamento che per la variazione dell'indice di coerenza igienico-sanitaria, per il quale si raggiunge il valore 0,684 che è il miglior risultato possibile date le condizioni di partenza. Ciò è ottenuto con la realizzazione di un fabbricato aggiuntivo (edificio AB), destinato all'abitazione temporanea, grazie alle risorse ricavate dalla capitalizzazione dei risparmi attesi dall'implementazione della CER. Infatti, il sistema consente di ridurre sia la morosità attesa (in ragione dei minori costi che graveranno sugli inquilini)

Nella tabella seguente sono riportati i valori registrati dagli indicatori di performance sociale ed ecosistemica misurati

ni) sia gli oneri di manutenzione delle aree pubbliche e comuni (per la cura da parte dei cittadini visto il loro diretto coinvolgimento – Sgobbo and Moccia, 2016). Ci si attende, inoltre, che il carattere temporaneo dell'assegnazione risolva la difficile problematica degli attuali occupanti abusivi degli alloggi a cui non si potrebbe legittimamente attribuire un'abitazione standard (Fig. 4).

Per i servizi, sebbene la soluzione P_3 garantisca migliori performance di dotazioni territoriali, P_1 consegue il massimo valore per i servizi effettivamente realizzati e buoni risultati di accessibilità. Si configura, pertanto, come la soluzione più efficace in termini di inclusione visto il rilevante disagio economico dei residenti e la conseguente necessità di servizi realmente disponibili. Anche in tal caso l'implementazione della CER è essenziale in ragione del modello di autogestione previsto per il Parco delle Energie Rinnovabili (Fig. 5). Questo spazio, prin-



04 | Edificio AB – alloggi temporanei. Vista dal Parco delle Energie Rinnovabili
 Building AB – temporary housing. View from the Renewable Energy Park

cipale area pubblica attrezzata del quartiere, sarebbe risultato altresì di difficile realizzazione per l'insostenibilità dei costi di manutenzione e gestione (Attademo *et al.*, 2023).

Le qualità ecosistemiche di P_1 emergono per la resilienza idraulica nonostante P_2 garantisca maggiori superfici permeabili ed evapotraspiranti. Infatti, alcune ricerche (DeBarry, 2019; Sgobbo, 2020; 2022) in tema di SUDs e *Water Sensitive Urban Planning* hanno dimostrato che permeabilità ed evapotraspirazione hanno incidenza trascurabile a scala di quartiere e che l'efficacia del contrasto al *pluvial flooding* risiede nei sistemi di ritenzione piuttosto che nei lenti processi di assorbimento vegetale e di permeazione profonda. In P_1 sono previste trincee drenanti al margine della viabilità interna che convogliano le acque in vasche temporanee a scarico lento concentrate nell'area del Parco. Il volume delle vasche corrisponde al *runoff* calcolato quale differenza tra quanto atteso per piogge di altezza 145 mm e per piogge con altezza 90 mm. Il primo valore corrisponde alla pioggia di progetto che, tra 10 anni, secondo la previsione sviluppata con la metodologia di Mazzarella (1999), avrà un periodo di ritorno decennale; il secondo corrisponde all'altezza di pioggia massima per la quale, oggi, non si registrano allagamenti nel quartiere (che, empiricamente, corrisponde alla capacità di servizio dell'attuale rete di drenaggio).

Conclusioni e prospettive di ricerca

La sperimentazione condotta per il quartiere San Gaetano di Napoli conferma la tesi della ricerca dimostrando l'efficacia delle CER per il soddisfacimento dei prefissati obiettivi ambientali, sociali ed ecosistemici. Per il momento, si è in presenza di risultati parziali in quanto non è

of the current squatters of dwellings to which a standard house could not be legitimately assigned (Fig. 4). For the supply of public facilities, although P_3 solution guarantees better performance of land endowments, P_1 achieves the maximum value for the facilities actually implemented with good accessibility results. It is, therefore, the most effective solution in terms of inclusion, given the significant economic hardship of the residents and the consequent need for truly available facilities. The implementation of REC is essential for this result due to the self-management model envisaged for the Renewable Energy Park (Fig. 5). This space, the major public green area of the district, would have been difficult to create due to the unsustainable maintenance and management costs. The ecosystemic qualities of P_1 emerge

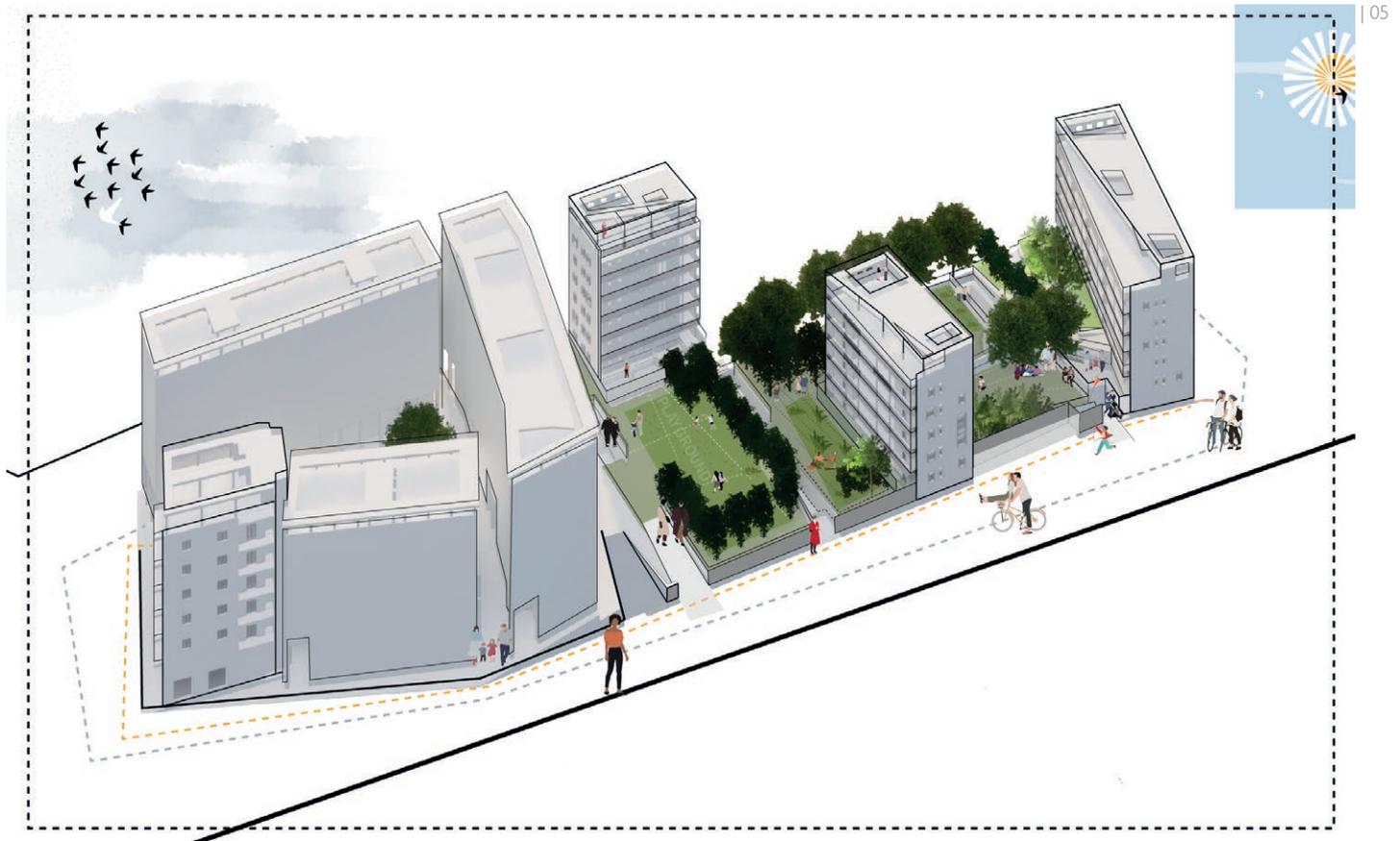
for its hydraulic resilience despite P_2 guaranteeing greater permeable and evapotranspiring surfaces. In fact, studies on SUDs and WSUP (DeBarry, 2019; Sgobbo, 2020; 2022) have shown that permeability and evapotranspiration have a negligible impact on a neighbourhood scale, and that the effectiveness of contrasting pluvial flooding lies in the retention systems rather than in the slow processes of plant absorption and deep permeation. Draining trenches are planned in P_1 at the edge of the internal road system. They convey the collected rainwater to slowly discharge temporary tanks concentrated in the park area. The volume of the tanks corresponds to the difference obtained subtracting the runoff amount expected for rains with a height of 90 mm from the runoff amount expected for rains with a height of 145 mm. 90 mm corresponds

Key indicators	Starting conditions	Design alternatives		
		P ₁	P ₂	P ₃
Dla	-	1.87	1.56	0.84
Dlc	0.00	0.68	0.41	0.00
ST ₁	0,40	0,40	0,40	0,60
ST ₂	0,80	3.55	2.10	2.20
ST ₃	1,05	2.44	2.44	2.88
ST ₄	0,34	2.82	1.95	3.10
SE ₁	1.00	1.00	1.00	0,82
SE ₂	0.41	1.00	0,68	0,54
SE ₃	0.21	1.00	0.57	0.21
SE ₄	0.38	1.00	1.00	1.00
DSA ₁	-	0.15	0.88	1.00
DSA ₂	-	1.00	1.00	1.00
DSA ₃	-	0.05	0.60	0.40
DSA ₄	-	0.80	1.15	1.00
Dlp	-	11.82	12.50	4.00
Dlr	-	0.00	0.60	0.80
lg	0.08	0.31	0.43	0.15

valutato ancora il contributo al mantenimento nel tempo dei benefici ottenuti, che è centrale per esprimere un giudizio esauritivo sugli esiti progettuali.

Gli elementi di positività sono tuttavia rilevanti e supportano l'interesse suscitato dalle CER negli interventi di rigenerazione urbana orientati alla transizione energetica. Le CER consentono un elevato valore aggiunto nella gestione della risorsa condivisa contribuendo all'ottimizzazione del suo utilizzo finalizzato alla decarbonizzazione quale azione prioritaria per la mitigazione del cambiamento climatico. Ciò corrisponde a consistenti benefici economici in esercizio che, capitalizzati e scontati all'attualità, consentono il recupero di disponibilità finanziarie aggiuntive utili ad incrementare la qualità generale dell'intervento anche con riferimento ad aspetti non strettamente legati all'ener-





to the maximum rainfall height for which, today, there is no flooding in the neighbourhood (that empirically corresponds to the service capacity of the current drainage network). 145 mm corresponds to the rainfall height which, in 10 years, according to the forecast developed with the methodology of Mazzarella (1999), will have a 10-year return period.

Conclusions and research perspectives

The experimentation carried out for the San Gaetano district in Naples confirms the core concept of the research by demonstrating the effectiveness of RECs in meeting environmental, social and ecosystemic goals. There are partial results because the contribution to maintain the benefits obtained over time, which is central to making a comprehensive judgement on project

outcomes, is not yet evaluated. This corresponds to substantial economic benefits in operation that, capitalised and discounted to the present, allow the recovery of additional financial availability, which is useful to increase the overall quality of the intervention also with reference to aspects not strictly related to energy and the environment. In this scenario, some limits can be identified in the final phase regarding the experimentation, which currently prevents us from verifying the maintenance over time of the social and inclusiveness effects measured today. In fact, the third phase of the research will allow to check the efficacy of the REC in terms of both the organisational contribution of the energy resource and the cooperation outcomes essential for social qualification. A positive outcome of the experimentation is identified in the ability of

the REC to pass on to community promoters the direct economic benefits achievable in operation. This is expected to sustain the active participation of housing assignees, avoiding the risk of perceiving the interventions as implemented in a purely top-down manner.

AUTHOR CONTRIBUTIONS AND ACKNOWLEDGMENTS

This paper has been written and approved by both authors Alessandro Sgobbo (A.S.) and Valeria D'Ambrosio (V.D.). A.S. is the scientific coordinator and V.D. is a member of the research team for technological and environmental contribution. However, the paragraph "Towards sustainable cities", the subparagraph "Methodological approach. Phase 2" and the paragraph "Analysis of results: comparison on social and ecosystemic aspects" are by A.S.; the subparagraph "Methodologi-

cal approach. Phase 1", the paragraph "The design experimentation of a REC in the San Gaetano district in Naples" and the paragraph "Fallout for environmental and energy aspects" are by V.D.; both edited the conclusions. The authors thank Paola Scala, Maria Fierro, Grazia Pota and Francesca Tavevi for contributing the images.

gia ed all'ambiente. In tale scenario possono essere individuati alcuni limiti nella fase conclusiva in merito alla sperimentazione che impedisce, al momento, di verificare il mantenimento nel tempo delle ricadute sociali e di inclusività oggi misurate. La terza fase della ricerca, infatti, consentirà di verificare l'efficacia della CER sia per il contributo organizzativo della risorsa energetica che per gli esiti di cooperazione indispensabili per la qualificazione sociale. Un esito positivo della sperimentazione è individuato nella capacità della CER di trasferire ai prosumer della comunità i benefici economici diretti conseguibili in esercizio. Ci si aspetta che ciò sostenga la partecipazione attiva degli assegnatari degli alloggi evitando il rischio di percepire gli interventi realizzati come un'azione unicamente top down.

ATTRIBUZIONE E RINGRAZIAMENTI

Questo articolo è stato scritto e approvato dagli autori Alessandro Sgobbo (A.S.) e Valeria D'Ambrosio (V.D.). A.S. è coordinatore scientifico della ricerca e V.D. è membro del gruppo di ricerca per gli aspetti tecnologico-ambientali. Il paragrafo "Verso città sostenibili", il sottoparagrafo "Approccio metodologico. Fase 2" e il paragrafo "Analisi dei risultati: confronto sugli aspetti sociali ed ecosistemici" sono di A.S.; il sottoparagrafo "Approccio metodologico. Fase 1", il paragrafo "La sperimentazione progettuale di una CER nel quartiere San Gaetano a Napoli" e il paragrafo "Ricadute per gli aspetti ambientali ed energetici" sono di V.D.; ad entrambi vanno attribuite le conclusioni.

Gli autori ringraziano Paola Scala, Maria Fierro, Grazia Pota e Francesca Talevi per le immagini del progetto nonché Michelangelo Russo e Filippo De Rossi per il supporto scientifico.

REFERENCES

Aprada, C., D'Ambrosio, V. and Di Martino, F. (2019), "A climate vulnerability and impact assessment model for complex urban systems", *Environmental Science and Policy*, Vol. 93, pp. 11-26.

Attademo, A., Amenta, L. and Castigliano, M. (2023), "Building Back Better Resilient Public Spaces." *UPLanD - Journal of Urban Planning, Landscape & Environmental Design*, Vol. 7(1), pp. 39-60.

Baratta, A. (2022), "Una nuova visione dell'abitare e degli spazi dell'abitare nel PNRR", *TECHNE - Journal of Technology for Architecture and Environment*, Vol. 24, pp. 20-25.

Bichi, R. (2005), *La conduzione delle interviste nella ricerca sociale*, Carocci, Roma.

Cardone, B., D'Ambrosio, V., Di Martino, F., Miraglia, V. and Rigillo, M. (2023), "Analysis of the Ecological Efficiency Increase of Urban Green Areas in Densely Populated Cities", *Land*, Vol. 12, p. 523.

Chiaroni, D., Chiesa, V. and Frattini, F. (2019), "A rapidi passi verso la smart energy", in Sassoon, E. (Ed.), *Dallo sviluppo senza limiti ai nuovi limiti allo sviluppo*, Harvard Business Review, pp. 81.

D'Ambrosio, V. Di Martino, F., Miraglia, V. (2023) "A GIS-based framework to assess heatwave vulnerability and impact scenarios in urban systems", *Scientific Reports*, Vol. 13, pp. 13073.

D'Ambrosio, V., Di Martino, F. and Rigillo, M. (2022), "Digital geocomputational technologies for the metaproject of urban green infrastructures", *AGATHÓN - International Journal of Architecture, Art and Design*, Vol. 11, pp. 162-171.

D'Ambrosio, V. and Di Martino F. (2017), "The Metropolis research. Experimental models and decision-making processes for the adaptive environmental design in climate change", *UPLanD - Journal of Urban Planning, Landscape & Environmental Design*, Vol. 1, n.1, pp. 187-217.

DeBarry, P.A. (2019), "Addressing Italy's urban flooding problems through the holistic watershed approach by using blue/green infrastructure", *UPLanD - Journal of Urban Planning, Landscape & Environmental Design*, Vol. 4, n.1, pp. 127-136.

Dietz, T. (1987), "Theory and method in social impact assessment", *Sociological Inquiry*, Vol. 57, n.1, pp. 54-69.

Hewitt, R.J., Bradley, N., Baggio, Compagnucci, A., Barlagne, C., Ceglaz, A., Cremades, R., McKeen, M., Otto, I.M. and Slee, B. (2019), "Social innovation in community energy in Europe: A review of the evidence", *Frontiers in Energy Research*, Vol. 7, p. 31.

Koirala, B.P., Koliou, E., Friege, J., Hakvoort, R.A. and Herder, P. M. (2016), "Energetic communities for community energy: A review of key issues and trends shaping integrated community energy systems", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 56, pp. 722-744.

Loorbach, D., Wittmayer, J. M., Shiroyama, H., Fujino, J. and Mizuguchi, S. (2016), *Governance of urban sustainability transitions*, Springer, Berlin.

Mazzarella, A. (1999), "Multifractal dynamic rainfall processes in Italy", *Theoretical and applied climatology*, Vol. 63, pp. 73-78.

Nussbaum, M.C. (2001), *Women and human development: The capabilities approach*, Cambridge University Press, Cambridge.

Sgobbo, A. (2017), "Eco-social innovation for efficient urban metabolisms", *TECHNE - Journal of Technology for Architecture and Environment*, Vol. 14, pp. 337-344.

Sgobbo, A. (2018), *Water Sensitive Urban Planning. Approach and opportunities in Mediterranean metropolitan areas*, INU Edizioni, Roma.

Sgobbo, A. (2020), "Inspiring & Training Energy-Spatial Socioeconomic Sustainability", *SMC - Sustainable Mediterranean Construction*, Vol. 12, pp. 138-143.

Sgobbo, A. (2022), "METROpolitan WATER Communities. Un modello di economia circolare per la gestione integrata delle risorse idriche", *TRIA - Territory of research on settlements and environment*, Vol. 15, n. 2, pp. 19-37.

Sgobbo, A. and Moccia, F.D. (2016), "Synergetic Temporary Use for the Enhancement of Historic Centers: The Pilot Project for the Naples Waterfront", *TECHNE - Journal of Technology for Architecture and Environment*, Vol. 12, pp. 253-260.

Tersigni, E., Gifuni, S. and Miraglia, V. (2021), "Un processo GIS-Based per il riconoscimento dei tipi edilizi ricorrenti nei contesti urbani finalizzato all'analisi di categorie d'intervento climate proof per la mitigazione climatica", in Cardone, B. and Di Martino, F. (Eds.), *Gis Day 2020. Il GIS per il governo e la gestione del territorio*, Aracne, Roma, pp. 73-102.

Wheeler, S.M. (Ed.) (2022), *The sustainable urban development reader*, Routledge, London.

Ottimizzazione delle prestazioni d'involucro. Il caso del patrimonio residenziale di recente costruzione nel Regno Unito

RICERCA E
SPERIMENTAZIONE/
RESEARCH AND
EXPERIMENTATION

Paola Ascione¹, <https://orcid.org/0000-0002-2582-4167>

Aniello Borriello², <https://orcid.org/0009-0003-3403-062X>

¹ DiARC Dipartimento di Architettura, Università Federico II, Italia

² School of Architecture, University of Liverpool, United Kingdom

pascione@unina.it

a.borriello@liverpool.ac.uk

Abstract. L'obiettivo Carbon Neutrality in UK impone un ingente riduzione dei consumi energetici dall'edilizia residenziale, settore ancora oggi in continua espansione. Questo vasto patrimonio rischia di diventare a breve obsoleto per il sopraggiungere di norme più restrittive contenute nel "The Future Homes Standard". Una nuova domanda di retrofitting viene dalle società immobiliari costrette ad intervenire sulle nuove case per elevarne la classe energetica. Di qui la necessità di prevedere strategie adeguate agli edifici di recente costruzione mediante metodologie progettuali versatili e basate sul breve e lungo termine. La ricerca che si intende presentare riguarda il primo di una serie di edifici residenziali realizzati nell'ambito di un piano di rigenerazione urbana a Manchester.

Parole chiave: Carbon neutrality; Fabric first approach; Residential stock upgrade; Building envelope performance.

L'approccio fabric first: riduzione delle emissioni di CO₂ ed efficienza energetica dell'involucro

In Europa la *roadmap* 2050 ha segnato le tappe del percorso che dovrà condurre verso la *carbon neutrality*. L'urgenza di soddisfare questi elevati target

ambientali ha accelerato l'emanazione di norme in materia energetica ambientale in vari Paesi, incentivando sperimentazioni nell'ambito della ricerca scientifica e tecnologica. In contesti differenti sono state applicate politiche, strategie e soluzioni per il controllo ambientale in grado di massimizzare le prestazioni dell'edificio e al contempo abbattere le emissioni di CO₂ addebitabili al settore edilizio.

In tale scenario, il Regno Unito, uscito con la *Brexit* dall'UE, di fatto condivide gli obiettivi europei per il contrasto al cambiamento climatico, ma a fronte della politica low-carbon i risultati ottenuti non sono ancora soddisfacenti. Secondo quanto riportato nel *Seventh Report of Session 2021/22*, i gas prodotti dagli impianti di riscaldamento rappresentano quasi un terzo

Performance optimisation
of the building envelope.
Case studies on recently
constructed residential
buildings in the United
Kingdom

Abstract. In the UK, the policy and practical drive for both new housing and carbon are achieving massive growth in the available stock and huge reductions in energy consumption per unit. The enormous new stock will, however, be almost immediately outdated by the arrival of the more restrictive rules under "The Future Homes Standard". These events are a mirror image of the current and near-future ones occurring in all the nations of the European Union. The construction industries and real estate sectors of all these nations are faced with the looming obligations of retrofitting the housing just completed or even still in creation, in order to achieve the mandatory energy classes. In the light of this, the research reported addresses the adequate need for short and long-term strategies to rework our recently constructed buildings. The methodological approach is applied to the cases of two residential buildings recently built in the

dell'impronta di carbonio annuale del Paese, di questi il 17% proviene dal settore residenziale (House of Commons, 2022).

Considerati i dati non confortanti, il governo britannico ha di recente approvato un'integrazione alle normative edilizie in materia energetica del *Building Regulation*, con l'obiettivo di velocizzare il processo di decarbonizzazione della rete impiantistica e promuovere l'uso di sistemi di facciata più efficienti dal punto di vista termico. Come osservato dal RIBA, l'aggiornamento di Giugno 2022 della parte L del B.R. (*Conservation of fuel and power*) aprirebbe verso la diffusione di interventi progettuali che impiegano soluzioni *fabric first*¹ per raggiungere la conformità energetica (Morris Neal, 2022).

Come riportato nei programmi di sviluppo energetico e nell'Energy Assessment Guidance del 2020, l'edificio nZEB dovrebbe essere un'architettura innanzitutto "snella" (*lean*) ovvero che sfrutta l'efficienza dell'involucro per minimizzare i consumi energetici, oltre che "pulita" (*clean*) ossia dotata di impianti di riscaldamento e raffreddamento ad alta efficienza energetica, e infine "verde", (*green*) ovvero che impiega in modo intelligente tecnologie rinnovabili (Greater London Authority, 2020). Assodato ciò, per un progressivo raggiungimento della Carbon Neutrality occorrerebbe una visione strategica che consenta di agire in maniera organica e multilivello, con azioni mirate, partendo dal concetto basilare, che minore è la domanda di energia richiesta dal sistema edificio, più facile sarà raggiungere (o più credibilmente avvicinarsi) all'obiettivo net zero.

Se la classe energetica si misura in base all'EUI, *Energy Use Intensity* (*Concerted Action EPBD*, 2018)², nella logica *fabric first*,

framework of an urban regeneration plan for northern England.

Keywords: Carbon neutrality; Fabric first approach; Residential stock upgrade; Building envelope performance.

Reducing CO₂ emissions via the building envelope: the fabric-first approach to energy efficiency

The *Energy Roadmap 2050* has mapped out the stages along the pathway to carbon neutrality for the nations of the European Union. The demanding environmental targets set out in the energy and environmental standards of the individual countries have stimulated experimentation in scientific and technological research; moreover, different policies, strategies and solutions have been applied in the individual contexts, both to maximise building environmental performance

and reduce CO₂ emissions from the construction sector.

The United Kingdom, although no longer a part of the EU, still shares European targets for combatting climate change, but the results achieved from current low-carbon policies have thus far been insufficient. According to the UK Parliament's *Seventh Report of Session 2021/22*, gases produced by heating systems, of which 17% from the residential sector, account for almost a third of the country's annual carbon footprint.

In view of the less than comforting data, the UK Secretary of State recently signed *The Energy Performance of Buildings (Amendment) Regulations*, with the aim of speeding up decarbonisation of energy-consuming building systems and the application of thermally efficient systems in building shells. As noted by the Royal Institute

occorre prendere in considerazione più variabili considerato che la cospicua presenza di sistemi fotovoltaici o del cappotto termico non hanno dato i risultati sperati.

A sostegno di tale tesi, ed a supporto di una normativa giudicata ancora carente rispetto agli ambiziosi obiettivi per contrastare il cambiamento climatico, la *London Energy Transformation Initiative* (LETI) ha pubblicato una Guida alla progettazione dell'emergenza climatica. In epoca di transizione energetica LETI avalla l'EUI come fondamentale parametro di riferimento per ottenere la conformità energetica dei nuovi edifici, onde evitare l'obbligo di intervenire sugli stessi edifici d'urgenza, con azioni di retrofit tendenti a Net Zero, a breve previsti (Johnstone, 2022). Il problema è quello di valutare la conformità del progetto prendendo in esame fattori significativi che incidono sul comportamento energetico-ambientale dell'edificio, tra cui: la forma dell'involucro, il corretto rapporto tra superficie opaca e trasparente, l'incidenza delle prestazioni dell'edificio e dei sistemi d'involucro in base all'orientamento delle facciate.

Nel report del 2009 *Defining a Fabric Energy Efficiency Standard for Zero Carbon Homes*, il Task Group istituito dal Ministro per l'Edilizia John Healey, raccomandava per gli edifici multiresidenziali di nuova costruzione livelli di EUI = 39 kWh/m²/yr (Zero Carbon Hub, 2009). Ma a distanza di circa un decennio è stato stimato che gli edifici residenziali contemporanei presentano valori medi di EUI pari a 140 kWh/m²/yr (LETI, 2020)

Secondo Emma Harvey, direttrice del programma *Coalition for the Energy Efficiency of Buildings* (CEEb) del *Green Finance Institute*, l'attuale mancanza di una normativa energetica efficace comporterà a breve interventi di retrofitting onerosi su quelle architetture attualmente in regola con gli standard normativi,

for British Architecture's "Practice Team" (Morris, 2022), the changes to *Building Regulations Part L (Conservation of fuel and power)* pave the way for design interventions that employ *fabric-first*¹ solutions to achieve energy compliance.

As stated in the Greater London Authority *Energy Assessment Guidance (April 2020)*, when aiming for nearly zero-energy buildings, designers must conceive *lean buildings*, emphasising the three strategies: "being lean" by developing envelope efficiency as the way to reduce energy demand; "being clean", with energy efficient heating and cooling infrastructure; "being green", with the intelligent application of renewable technologies.

Just from these several key documents, we can see that the achievement of carbon neutrality demands a strategic vision and systematic, targeted, multi-

level actions, beginning above all from the widely acknowledged base concept that the lower the energy demand of the building system, the easier it will be to approach and ultimately reach the net zero objective.

In view of the insufficient results from the EU *Concerted Action Energy Performance Building Directive - Energy Use Intensity (EUI)* of 2018², and in this directive, the conspicuous emphasis on photovoltaic systems and thermal insulation, it becomes clear that what is needed is a rationale capable of taking into account further variables, such as "fabric-first".

Given the observed deficiency of the EUI regulation with respect to the ambitious goals for combatting climate change, and in support of the fabric-first rationale, the *London Energy Transformation Initiative* (LETI)³ published a *Climate Emergency Design*

che però andranno fuori norma nel 2025 con l'entrata in vigore dei requisiti più restrittivi imposti dal *The Future Homes Standard*¹ (Harvey, 2022).

Pertanto, scenario che per antitesi si sta prefigurando è quello di un patrimonio immobiliare 'nuovo' ma a breve obsoleto, costituito da circa un milione di abitazioni che dovranno essere entro due anni riqualficate per rispettare i futuri standard di low carbon (House of Commons, 2022).

Obiettivo e metodologia della ricerca

Entro tale contesto, la ricerca *Optimization of cladding systems design for reducing CO₂ Emission in New Buildings*³ ha inteso indagare quelle 'variabili' dell'involucro architettonico che sfuggono alle valutazioni calcolate in base al *dwelling primary energy rate* (energia primaria dell'abitazione) (HM Government, 2023), considerato che i contributi di risparmio energetico ottenibili non derivano esclusivamente dall'isolamento termico, ma subiscono l'impatto di fattori 'indiretti' come l'orientamento della facciata, la morfologia dei componenti e altri parametri qualitativi. In particolare, avendo come riferimento per la certificazione l'EUI, lo studio lo scopo di individuare possibili alternative del sistema di facciata che in grado di elevare la prestazione energetica operativa e, di conseguenza, la classe energetica di riferimento per la certificazione EPC (APE in Italia), valutando, allo stesso tempo, l'impronta di carbonio inglobato nei componenti che costituiscono le chiusure esterne verticali. Il concetto di fattori 'indiretti', ovvero variabili, si basa sugli indirizzi emersi nel campo degli studi che evidenziano le relazioni causa-effetto nella corrispondenza tra soluzione architettonica di involucro e risultato ener-

Guide. LETI endorsed the EUI and recognised its fundamental role in establishing benchmarks for energy compliance in new buildings, among other things preventing the need to retrofit the same new buildings to achieve net-zero results. The latter point will soon be mandatory under the UK Net Zero Carbon Buildings Standard (Johnstone, 2022). The problem becomes how to evaluate the conformity of the building project by taking into account a range of factors with important effects on energy-environmental behaviour, among others: the shape of the envelope; the ratios of opaque to transparent surfaces; the incidence of the orientation of façades on the performance of the building and of the envelope systems. In 2009, a Task Group established by the Minister for Housing and Planning issued the document *Defining a Fabric Energy Efficiency Standard for Zero*

Carbon Homes, which recommended an Energy Use Intensity (EUI) of 39 kWh/m²/yr (Zero Carbon Hub, 2009) for new multi-residential building levels. However, more than a decade later, LETI estimated that the EUI values for contemporary residential buildings were still averaging more than three times that measure, at 140 kWh/m²/yr (LETI, 2020).

Emma Harvey, Director of the *Green Finance Institute Coalition for the Energy Efficiency of Buildings*, comments that, while buildings currently in construction might meet the existing regulatory standards, these are insufficient, and once the more restrictive requirements of *The Future Homes Standard* come into⁴ force (Harvey, 2022), costly retrofitting will be mandatory for these still new buildings.

The scenario playing out is that of investment in new housing stock,

Tab. 01 | Classificazione degli edifici certificati in base al numero di pelli e il livello di trasparenza della parete. I sistemi di facciata sono stati analizzati rispetto gli aspetti progettuali che maggiormente impattano sul fabbisogno energetico dell'edificio, ovvero: numero di pelli, rapporto tra parete opaca e trasparente, forma e modalità di integrazione con i sistemi FER
 Classification of certified buildings according to: number of skins composing the building shell; levels of transparency of the building shell (e.g. ratio of opaque to transparent); types and methods of integrating renewable energy systems

getico (Johnstone, 2022). L'obiettivo principale è quello di elaborare soluzioni adeguate agli standard energetici previsti dalla *roadmap 2050*, attraverso un approccio progettuale basato sul metodo comparativo.

Una prima fase della ricerca ha riguardato la definizione dello stato dell'arte. In primo luogo, sono stati individuati alcuni edifici che in condizioni climatiche simili a quelle inglesi avevano ottenuto livelli Platinum o Gold in base ai protocolli LEED e BREEAM, evidenziando tra le tipologie di facciata, quelle contenenti soluzioni più innovative che coinvolgevano una maggiore interazione tra condizioni ambientali e configurazione dell'involucro, tra sistemi di produzione di energia rinnovabile e componenti architettoniche, ecc. (Tab. 1).

Al contempo, analizzando più nel merito il contesto inglese, ci si è resi conto di quella che oggi costituisce una questione di fondo, ovvero la discrasia tra la rapidità con cui gli edifici si stanno costruendo e il ritardo con cui si sta fornendo una concreta risposta alla domanda di sostenibilità del patrimonio edilizio diffuso.

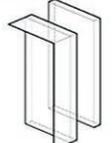
Per comprendere a fondo i motivi che hanno determinato tale ritardo, la ricerca si è successivamente soffermata sulle criticità rilevate nella normativa vigente e sugli obiettivi di un futuro prossimo previsti dalla politica low-carbon inglese, contenuti

nei documenti ufficiali e negli strumenti elaborati dagli enti e/o da altri organismi preposti.

A partire dalla prefigurazione dello scenario al 2025, il lavoro si è concentrato sull'analisi di due casi di studio, tratti dal patrimonio gestito dalla società immobiliare coinvolta come partner industriale nell'attività di ricerca: il "Plaza 1821" a Liverpool e il "Pomona Strand Block A" di Manchester, scelti tra quegli edifici residenziali destinati a diventare 'fuori norma' allo scadere dei prossimi due anni.

Sulla base degli obiettivi descritti, lo studio attualmente ancora *work in progress* ha assunto come metodologia progettuale un modello di confronto tra interventi di retrofit *soft, medium* o *hard*, (Paris Bianchi, 2015). L'idea è quella di ragionare sul confronto tra soluzioni alternative, dalla sostituzione parziale di parti del sistema facciata (meno onerosa) alla sostituzione e riprogettazione dell'involucro (Graf Marino, 2012), allo scopo di ottenere soluzioni più efficienti che integrano, all'interno di un nuovo involucro, quelle variabili di progetto non considerate originariamente in grado di abbattere notevolmente le emissioni di CO₂ derivanti dall'intervento e dall'uso dell'edificio.

In conclusione, si prevede di creare uno strumento di indirizzo per l'aggiornamento del patrimonio immobiliare, che in questa contingenza potrebbe vedere integrati gli interessi di mercato

CLASSIFICATION	SINGLE SKIN - CASE STUDY	CLASSIFICATION	DOUBLE SKIN - CASE STUDY
 Window on Wall	80 Charlotte Street Architect: Make Architects Construction Date: 2021 Country: London, United Kingdom Certification: BREEAM Excellent, LEED Gold	 INNER SKIN Window on Wall OUTER SKIN Partly Opaque Wall	Cornell Medical College Belfer Research Building Architect: Todd Schliemann, Ennead Architects Construction Date: 2014 Country: New York, USA Certification: LEED Gold
 Window on Wall with Sunscreen	Copenhagen Towers Architect: Foster and Partner Construction Date: 2016 Country: Copenhagen, Denmark Certification: LEED Platinum	 INNER SKIN Window on Wall OUTER SKIN Transparent Wall with Sunscreen	Tsinghua University Architect: Mario Cucinella Architects Construction Date: 2007 Country: Beijing, China Certification: LEED Gold
 Transparent Wall with Sunscreen	Raffles City Hangzhou Architect: UN Studio Construction Date: 2017 Country: Hangzhou, China Certification: LEED Gold	 INNER SHELL Transparent Wall OUTER SHELL Transparent Wall with Sunscreen	The Shard Architect: Renzo Piano Construction Date: 2012 Country: London, United Kingdom Certification: BREEAM Excellent

|Tab. 01

(elevazione della classe energetica) e le più rilevanti esigenze della qualità dell'architettura e dell'abitare, strettamente connesse alla salvaguardia ambientale.

Il caso di studio

Per ragioni di sintesi, di seguito saranno illustrati i risultati parziali raggiunti dall'analisi sul caso di studio di Manchester. Il Pomona Strand Block A è un edificio residenziale completato nel febbraio 2020 che fa parte dello "Strategic Waters", progetto di rigenerazione urbana più ampio che riguarda le aree portuali delle città a nord dell'Inghilterra e prevede oltre 30.000 unità abitative ad alta efficienza energetica. (Fig. 1)

Il lavoro alla scala architettonica, dopo le verifiche delle prestazioni di daylight e di soleggiamento del fabbricato, si è concentrato sullo studio dell'involucro opaco prendendo in considerazione le differenti tipologie del sistema di facciata presenti ai vari livelli dell'edificio. Le soluzioni tipo sono state ridisegnate nel dettaglio e verificate rispetto ai requisiti ambientali in relazione alle prestazioni energetiche e, più in generale, alla risposta in termini di abbattimento delle emissioni di CO₂.

Il sistema d'involucro è costituito da componenti industriali assemblati a secco, composto da struttura in alluminio e pannelli prefabbricati. Le immagini (Fig. 2), (Fig. 3) e (Fig. 4) mostrano in dettaglio le soluzioni adottate per il rivestimento e la loro collocazione sui diversi prospetti. I sistemi di facciata ventilata del Tipo 1A e 1B presentano la medesima stratificazione a differenza del rivestimento esterno, che nella tipologia 1B è un pannello di alluminio anodizzato mentre nella tipologia 1A è composto da piastrelle in ceramica su supporto metallico. Il Tipo 2 si differenzia in maniera sostanziale dalle soluzioni precedenti. Il

amounting to approximately one million homes, but one that will soon be obsolete, requiring upgrading within one or two years to meet the upcoming low-carbon standards (House of Commons, 2022).

Research objective, methodology

Given the context described, the aim of the research project *Optimisation of cladding systems design for reducing CO₂ Emission in New Buildings*⁵, currently in progress, is to investigate the "variables" of the architectural envelope that escape evaluations calculated on the basis of the dwelling primary energy rate (HM Government, 2023). The research is based on the well established knowledge that energy performance and, therefore, the potential for savings do not derive exclusively from thermal insulation, but are impacted by "indirect" factors, such

as the orientation of the façade, the morphology of the components, and other qualitative parameters. Accepting the EUI as a valid reference, the study identifies alternatives in designing and engineering façade systems that can improve operational energy performance and, consequently, the energy class achieved by the building in EU Energy Performance Certification (EPC), while also evaluating the carbon footprint of components making up the vertical exterior closures. The concept of "indirect" or "variable" factors is based on guidelines already proposed in the field of studies into cause-effect relationships in the correspondence between architectural envelope solution and energy result (Johnstone, 2022). The main objective, applying a design approach based on the comparative method, is to develop solutions adapted to the energy stand-

arda di comporre di due pelli separate da una camera d'aria non ventilata. A partire dall'esterno, la prima pelle è un sistema *Curtain Wall*, formato da un rivestimento vetrato opaco e uno strato isolante, mentre la seconda pelle, più interna, presenta uno strato isolante e rivestito da un pannello in cartongesso.

Le tre soluzioni si ritrovano nello stesso ordine sui diversi prospetti: il Tipo 1A è installato dal piano terra al primo, il Tipo 1B dal secondo piano all'ottavo, mentre il Tipo 2 dal nono piano al decimo. Dall'analisi dei dettagli tecnici è stato possibile riconoscere una coerenza tra il progetto e le proposte iniziali di masterplan; le tre soluzioni presentano spessori dello strato isolante di 500 mm, adottati per «ridurre al minimo le emissioni di carbonio e la domanda di calore ed elettricità attraverso un tessuto edilizio [...] ben isolato» (Turley, 2018).

Per valutare la reale efficacia delle soluzioni d'involucro, è stato realizzato un modello energetico semplificato dell'edificio utilizzando il software *DesignBuilder* che ha permesso di calcolare i livelli di CO₂ inglobati nei materiali usati per la parete stratificata e di identificare i consumi energetici dell'edificio. In Tabella 2 sono riportati i valori di trasmittanza termica, di emissioni di CO₂ inglobata (EC= kgCO₂e/m²) e i consumi energetici (EUI = kWh/m₂anno) rispetto alle tre soluzioni di facciata. Nella seconda colonna della tabella, i grafici a torta riportano in percentuale i livelli di CO₂ inglobati nei singoli materiali usati per le diverse soluzioni di facciata, mentre i grafici a torta della terza colonna mostrano in che misura i consumi energetici dipendono da illuminazione, riscaldamento e raffreddamento.

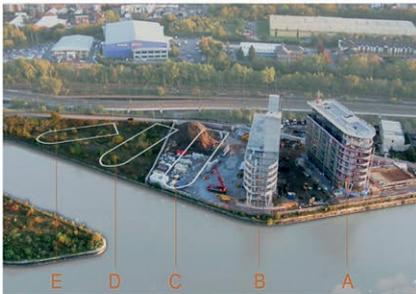
In effetti i dati ottenuti delle verifiche prestazionali dimostrerebbero che le soluzioni adottate rientrano nelle soglie di norma attualmente vigenti (approved document L) ma non sembrano

ards of EU Roadmap 2050.

A first phase of the research involved defining the state of the art. A number of buildings were identified that qualified as Platinum or Gold under LEED and BREEAM protocols. They were experiencing similar climate conditions to those of England. The selection emphasised a range of façade types involving more innovative solutions of interaction between environmental conditions and envelope configuration and architectural components, as well as renewable energy production systems, etc. (Tab.1).

Closer examination was also given to one of the fundamental problems of the English context, namely the discrepancy between the rapidity of ongoing construction of a diffuse building stock, versus the delay in addressing the obligations of sustainability. For more in-depth understanding of the

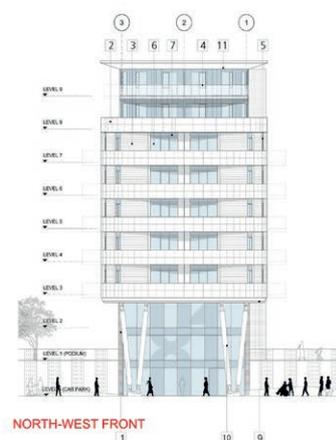
reasons behind this delay, the research examined the critical issues in current UK legislation versus the near future goals, as set out in the low carbon policy contained in official documents and instruments drawn up by national authorities and other relevant bodies. On this basis, given the prefiguration of the future scenario, two residential buildings destined to fall below standard by the end of 2025 were selected for case studies, from properties managed by a real estate company involved as an industrial partner in the research activity: *Plaza 1821* in Liverpool, and *Pomona Strand Block A* in Manchester. Given the research objectives, the methodological design involved the application of a model for comparison between soft, medium and hard retrofit interventions (Paris and Bianchi, 2015) for the re-qualification of the case study buildings under the



- Occupancy Type:** Residential
- Height:** 28 m - 10 stories
- Surface:** 6223.32 mq - 75 apartments
- Location:** Pomona Strand, Manchester
- Date:** Completed in February 2020
- Project:** Manchester Waters
- Client:** Peel Developments Ltd
- Architects:** Falcon Chester Hall Architect
- Contractor:** Vermont Gr



SOUTH-WEST FRONT



NORTH-WEST FRONT



NORTH-EAST FRONT

upcoming revised standards. It meant comparing alternative solutions, beginning for example with the “softer” options of replacing only parts of the façade system. More costly solutions could involve redesigning and replacing the entire envelope (Graf Marino, 2012) with the aim of obtaining solutions that, within the new envelope, integrate design variables that were not originally considered significant in reducing CO₂ emissions deriving from the use of the building. They were not typically considered in subsequent interventions either. The ultimate aim is to create a guiding tool to update housing stock, which in the current situation could integrate market interests (raising the energy class) and requirements for the quality of architecture and living, all of which are closely linked with environmental protection.

Case study

Given the size limits of the current publication, only the Manchester case study is presented below, in partial form, once again recalling that the research project is still in progress. Pomona Strand Block A is a residential building completed in February 2020 as part of *Strategic Waters*, a major urban regeneration project for the port areas of the cities in the north of England, envisaging more than 30,000 energy-efficient housing units. (Fig. 1) The work on the architectural scale, after verifying the building’s daylight and sunlight performance, focused on the study of the opaque envelope, taking into consideration the different types of façade system present at the various levels of the building. The model solutions were redesigned in detail and checked against the environmental and energy performance

requirements, and general performance in terms of CO₂. The building shell system consists of an aluminium superstructure in dry-assembled industrially produced components, with cladding in prefabricated panels. Figures 2, 3 and 4 present details of the solutions adopted for the cladding, and their placement with respect to the different elevations. Types 1A and 1B ventilated façade systems consist of the same layers, apart from the external cladding: anodised aluminium panels in Type 1B; ceramic tiles on metal supports in Type 1A. Type 2 differs substantially, comprising two skins separated by an unventilated air chamber: the outer skin consisting of a curtain wall system in opaque glazed cladding with an insulating layer; the internal skin consisting of an insulating layer with plasterboard cladding. The three solutions are installed in the

same order on the different elevations: Type 1A on the ground and first floors; Type 1B on floors two to eight; Type 2 on floors nine and ten. The analysis of the technical details revealed that the project had complied with the guidelines of the initial masterplan, given that each of the three solutions provide insulation layers with thicknesses of 500 mm, in conformity with the masterplan aim to «minimise carbon emissions and heat and electricity demand through a [...] well-insulated building fabric» (Turley, 2018). To assess the true effectiveness of the envelope solutions, a simplified energy model of the building was created using *DesignBuilder* software. The model enabled to calculate the CO₂ quantities incorporated in the materials used to construct the various parts of the envelope, and in the building’s energy consumption. Table 2 shows the val-

sufficienti in prospettiva degli ulteriori limiti previsti a breve termine.

In merito all'isolamento termico, le soluzioni presentano valori U tra i $0,07 \text{ W/m}^2\text{K}$ e i $0,09 \text{ W/m}^2\text{K}$, che sono ben al disotto dei livelli minimi di trasmittanza $U = 0,18 \text{ W/m}^2\text{K}$ previsti dalla Parte L del Building Regulation.

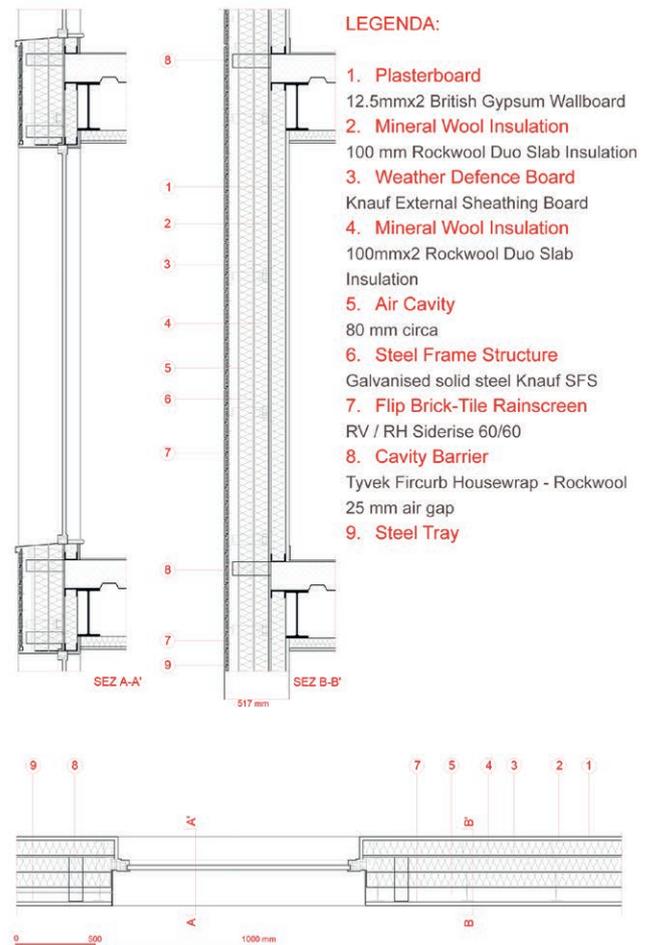
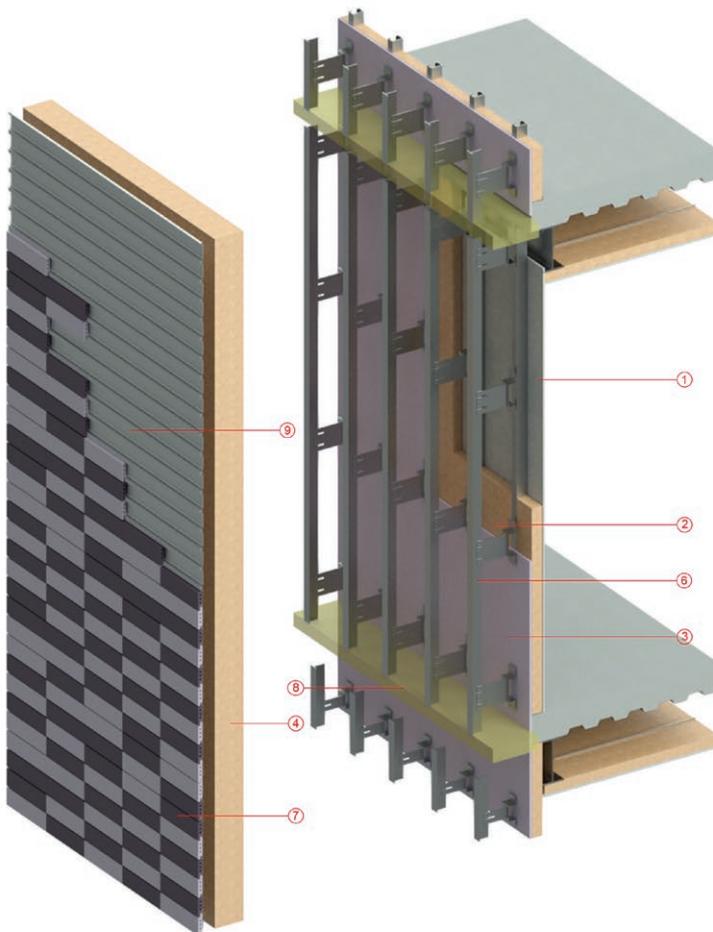
Dal punto di vista delle emissioni di CO_2 , le soluzioni di facciata presentano valori CO_2 incorporata (EC) che variano da un minimo di $94,34 \text{ kgCO}_2\text{e/m}^2$ a un massimo di $267,20 \text{ kgCO}_2\text{e/m}^2$. Ciò è dipeso probabilmente dalle quantità di materiale metallico usato o dalla presenza di pannelli in vetro come rivestimento esterno. La tipologia di facciata Tipo 2 (Fig. 4) risulta essere la soluzione con i livelli più alti di energia incorporata per via dell'uso del vetro come layer più esterno, mentre il Tipo 1A (Fig. 2) quella con il valore EC più basso in quanto la quantità di materiale metallico utilizzata è inferiore rispetto alle altre soluzioni. Infine, i consumi energetici operativi si attestano intorno a un

valore medio di $\text{EUI} = 109,00 \text{ kWh/m}^2$, pertanto ancora troppo elevati se l'obiettivo è puntare verso abitazioni con classi A o superiore. Il riscaldamento è responsabile per l'80% dei consumi, mentre un altro 20% dipende dai consumi elettrici per l'illuminazione. La tabella 3 mostra i livelli di illuminazione degli appartamenti al piano primo, quarto e ottavo scelti come piani modello per valutare i livelli di Lux. Su tutti i piani e nella maggior parte delle unità abitative si registra un'illuminazione scarsa e non omogenea.

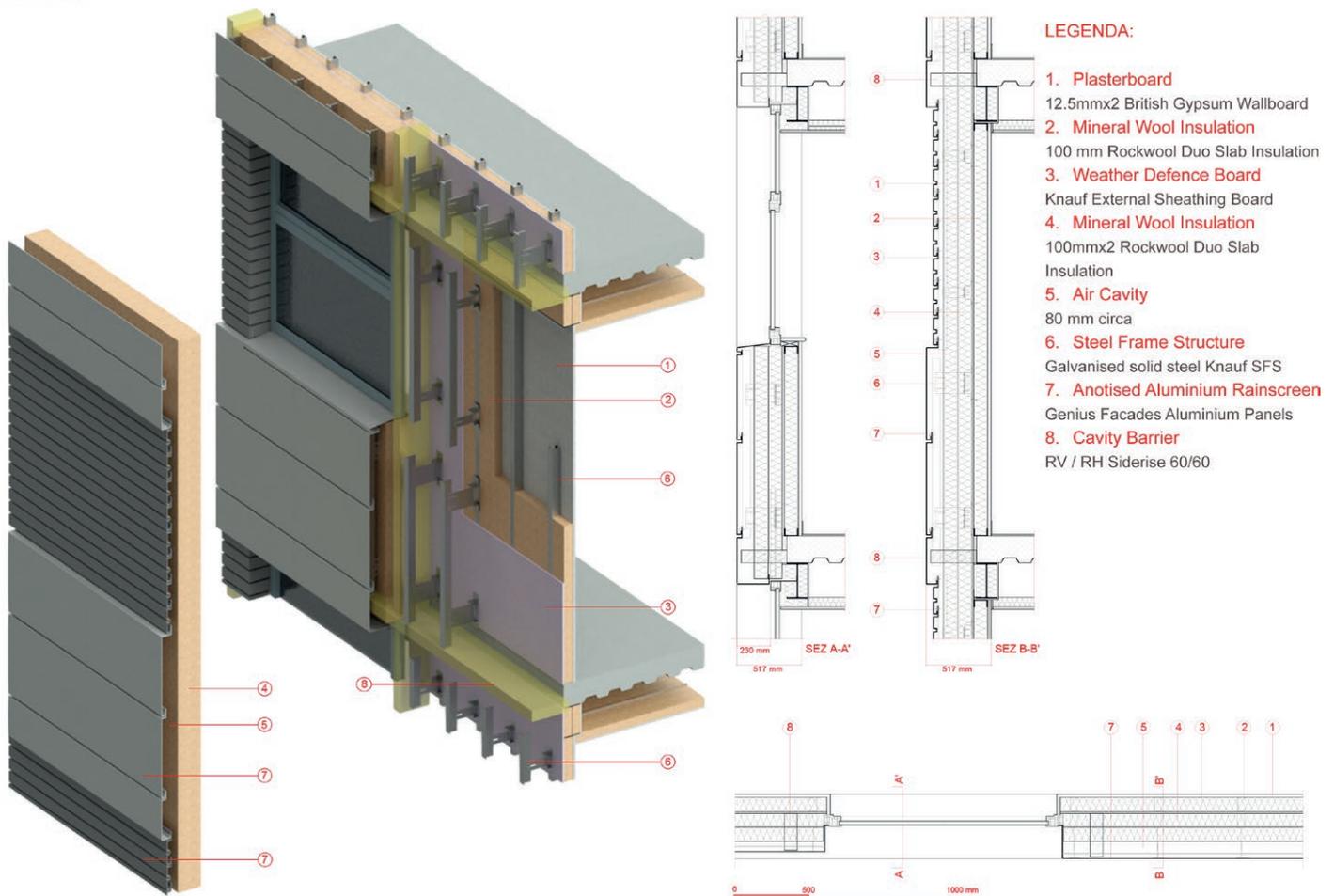
I valori prestazionali ottenuti durante la fase di analisi sono stati confrontati con riferimento ai regolamenti edilizi in materia energetica, alla conformità ai valori di isolamento della parte ($U = 0,18 \text{ W/m}^2\text{K}$) (HM Government, 2023) nonché con gli obiettivi di Carbon Neutrality 2030 e Il target EUI ($\text{EUI} = 39 \text{ kWh/m}^2\text{anno}$) definito da Zero Carbon Hub.

Dal confronto risulta che i livelli di isolamento termico della parete sono adeguati come da regolamento (HM Government,

02 | TYPE 1A



TYPE 1B



ues of thermal transmittance, CO₂ encapsulated (EC= kgCO₂ e/m²) and energy consumption (EUI= kWh/m₂ year) with respect to the three façade solutions. In the second column of the table, pie charts show the percentage levels of CO₂ incorporated in the materials used for the different façade solutions, while those of the third column show the extent to which energy consumption depends on lighting, heating and cooling. The data obtained from the modelled tests demonstrate that all the solutions adopted meet the current threshold standards (*Building Regulations Part L, Conservation of fuel and power*), but would be insufficient with respect to the more stringent limits expected in less than two years. With regard to thermal insulation, the solutions have U-values between 0.07 W/m²K and 0.09 W/m²K, meaning

admirably below the maximum transmittance level of U = 0.18 W/m²K permitted under Part L. Concerning CO₂, the calculations for the façade solutions yield a substantial range of values for embodied CO₂ (EC), from a minimum of 94.34 kgCO₂ e/m² to a maximum of 267.20 kgCO₂ e/m², depending on the amounts of metal used or the presence of glass panels as external cladding. The Type 2 façade (Fig. 4) is the solution with highest calculated levels of embodied energy, due to the use of glass as the outermost layer. Type 1A (Fig. 2) achieves the lowest EC value, in correlation with the least use of metal, compared to the other solutions. Finally, the operational energy consumption, EUI, for the different floors, averages 109.00 kWh/m², i.e. above the limit for class A or a higher housing level. Heating accounts for 80 per cent

of consumption, while another 20 per cent depends on electrical consumption for lighting. Table 3 shows the lighting levels for apartments, following completion of construction works, on the first, fourth and eighth floors, chosen to assess Lux levels for the purposes of modelling. It should be noted that in most of the apartments, on all floors, the systems as constructed yield uneven light levels that are, in any case, considered functionally insufficient. The performance values obtained from the modelling analyses were compared with reference to the energy-related building regulations discussed in the introductory section of this paper and, in particular, in terms of compliance with the insulation values foreseen under UK regulations (U= 0.18 W/m²K, HM Government, 2023), with the carbon neutrality aims of the EU Climate Target Plan, and also with the EUI tar-

get (= 39 kWh/m²/year) proposed under the Zero Carbon Hub programme of the Department of Energy Security and Net Zero. Having established that the wall insulation levels conform with the Manchester Waters masterplan premise of optimising the fabric of new buildings with improved thermal insulation levels (Turley, 2018), the comparisons show, more specifically, that the levels are adequate in terms of UK regulation (HM Government, 2023). Furthermore, the average EUI = 109.00 kWh/m² calculated for the Pamona Strand building envelope is better than the average EUI for new UK residential buildings, reported as 140.00 kWh/m² on the basis of a survey conducted by LETI (LETI, 2020). However, the average EUI value observed is still astonishingly far from the target of EUI=39 kWh/m² year specifically advocated

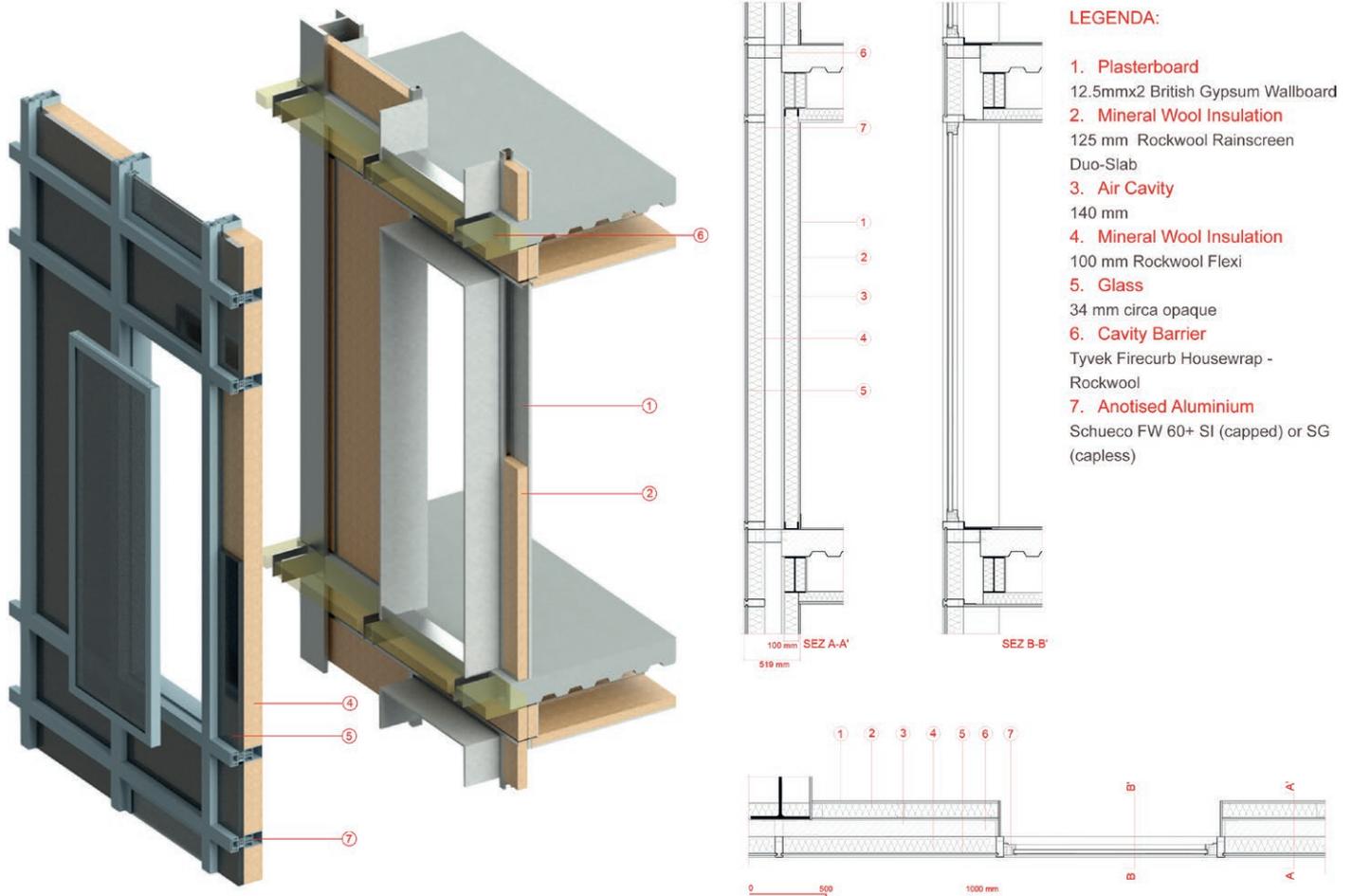
2023) e rispettano le premesse del masterplan Manchester Waters di ottimizzare il tessuto dei nuovi edifici con livelli di isolamento termico migliorati (Turley, 2018). Inoltre, il valore medio di EUI = 109,00 kWh/m², relativo all'involucro del caso di studio, è migliore rispetto al valore medio EUI = 140,00 kWh/m² degli edifici residenziali del Regno Unito come risulta dall'indagine pubblicata da LETI (LETI, 2020), tuttavia è ancora incredibilmente lontano dal target EUI=39 kWh/m² anno auspicato dagli esperti di Zero Carbon Hub per garantire la transizione low-carbon dei nuovi piani urbanistici (Zero Carbon Hub, 2009). L'edificio, quindi, rientra nella casistica degli immobili di nuova costruzione a norma ma non adeguati se valutati in relazione agli obiettivi carbon-free previsti a breve termine (DLUHC, 2021). Inoltre, non è detto che l'elevata coibenza delle pareti perimetrali corrisponda di per sé a prestazione energetica di Classe A e superiore. Per comprendere come e dove intervenire sull'in-

volucro per ridurre il fabbisogno energetico dell'edificio, attualmente sono sotto indagine: la presenza di ponti termici, lo sfasamento termico, la scarsa illuminazione interna e la carenza di guadagni solari passivi.

Gli esiti complessivi dello studio si collocano nelle tematiche più discusse dell'attuale dibattito sul tema normativo. In ambito accademico alcuni hanno sottolineato l'inadeguatezza dei sistemi di calcolo a cui fanno riferimento le normative vigenti a fronte di un ingente aumento di nuovi edifici che a breve saranno soggetti a retrofit energetico, con conseguente aumento di costi di produzione e spreco di risorse.

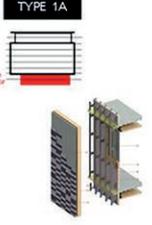
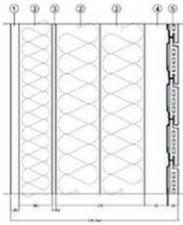
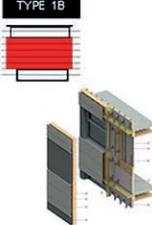
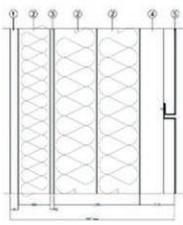
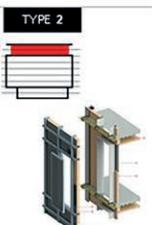
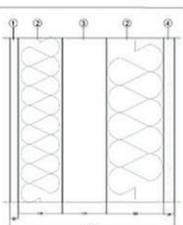
A tal proposito, la ricerca è attualmente in procinto di identificare un set di variabili progettuali che permettano l'efficientamento dell'involucro non solo dal punto di vista dei valori U di isolamento, ma soprattutto attraverso fattori quali: la variazione della forma di involucro, la variazione del rapporto su-

04 | TYPE 2



Tab. 02 | La Tabella mostra i valori U di trasmittanza, i livelli di CO₂ inglobata (EC= kgCO₂e/m²), e i consumi energetici (EUI = kWh/m²anno) associati alle tre soluzioni adottate in facciata per l'edificio Pomona Strand Block A

The Table shows the U values of transmittance, the levels of incorporated CO₂ (EC= kgCO₂e/m²), and the energy consumption (EUI = kWh/m²/year) associated with the three solutions adopted on the façade for the Pomona Strand Block A building

FAÇADE SYSTEM:	ANALYSIS OF U-VALUE AND USE OF MATERIALS	ANALYSIS OF EMBODIED CO ₂ EMISSIONS (EC)	ANALYSIS OF ENERGY DEMAND (EUI)																																
TYPE 1A 	 <table border="1"> <tr><td>1</td><td>PLASTERBOARD</td></tr> <tr><td>2</td><td>MINERAL WOOL</td></tr> <tr><td>3</td><td>GYPSUM PLASTER</td></tr> <tr><td>4</td><td>AIR GAP</td></tr> <tr><td>5</td><td>CLAY TILE</td></tr> <tr><td>6</td><td>ROCKWOOL</td></tr> <tr><td>7</td><td>ENGINEERING STEEL</td></tr> </table> <p>U = 0.097 W/m²K</p>	1	PLASTERBOARD	2	MINERAL WOOL	3	GYPSUM PLASTER	4	AIR GAP	5	CLAY TILE	6	ROCKWOOL	7	ENGINEERING STEEL	<table border="1"> <tr><td>PLASTERBOARD</td><td>12%</td></tr> <tr><td>MINERAL WOOL</td><td>29%</td></tr> <tr><td>GYPSUM PLASTER</td><td>2%</td></tr> <tr><td>AIR GAP</td><td>2%</td></tr> <tr><td>CLAY TILE</td><td>14%</td></tr> <tr><td>ROCKWOOL</td><td>41%</td></tr> <tr><td>ENGINEERING STEEL</td><td>2%</td></tr> </table> <p>EC = 94,34 kgCO₂e/m²</p>	PLASTERBOARD	12%	MINERAL WOOL	29%	GYPSUM PLASTER	2%	AIR GAP	2%	CLAY TILE	14%	ROCKWOOL	41%	ENGINEERING STEEL	2%	<table border="1"> <tr><td>LIGHTING</td><td>14%</td></tr> <tr><td>HEATING</td><td>86%</td></tr> </table> <p>EUI = 110,18 kWh/m²y</p>	LIGHTING	14%	HEATING	86%
1	PLASTERBOARD																																		
2	MINERAL WOOL																																		
3	GYPSUM PLASTER																																		
4	AIR GAP																																		
5	CLAY TILE																																		
6	ROCKWOOL																																		
7	ENGINEERING STEEL																																		
PLASTERBOARD	12%																																		
MINERAL WOOL	29%																																		
GYPSUM PLASTER	2%																																		
AIR GAP	2%																																		
CLAY TILE	14%																																		
ROCKWOOL	41%																																		
ENGINEERING STEEL	2%																																		
LIGHTING	14%																																		
HEATING	86%																																		
TYPE 1B 	 <table border="1"> <tr><td>1</td><td>PLASTERBOARD</td></tr> <tr><td>2</td><td>MINERAL WOOL</td></tr> <tr><td>3</td><td>GYPSUM PLASTER</td></tr> <tr><td>4</td><td>AIR GAP</td></tr> <tr><td>5</td><td>ALUMINIUM EXTRUDED PROFILE</td></tr> <tr><td>6</td><td>ROCKWOOL</td></tr> <tr><td>7</td><td>ENGINEERING STEEL</td></tr> </table> <p>U = 0.098 W/m²K</p>	1	PLASTERBOARD	2	MINERAL WOOL	3	GYPSUM PLASTER	4	AIR GAP	5	ALUMINIUM EXTRUDED PROFILE	6	ROCKWOOL	7	ENGINEERING STEEL	<table border="1"> <tr><td>PLASTERBOARD</td><td>8%</td></tr> <tr><td>MINERAL WOOL</td><td>20%</td></tr> <tr><td>GYPSUM PLASTER</td><td>1%</td></tr> <tr><td>AIR GAP</td><td>1%</td></tr> <tr><td>ALUMINIUM EX. PR.</td><td>2%</td></tr> <tr><td>ROCKWOOL</td><td>40%</td></tr> <tr><td>ENGINEERING STEEL</td><td>29%</td></tr> </table> <p>EC = 137,00 kgCO₂e/m²</p>	PLASTERBOARD	8%	MINERAL WOOL	20%	GYPSUM PLASTER	1%	AIR GAP	1%	ALUMINIUM EX. PR.	2%	ROCKWOOL	40%	ENGINEERING STEEL	29%	<table border="1"> <tr><td>LIGHTING</td><td>14%</td></tr> <tr><td>HEATING</td><td>86%</td></tr> </table> <p>EUI = 105,93 kWh/m²y</p>	LIGHTING	14%	HEATING	86%
1	PLASTERBOARD																																		
2	MINERAL WOOL																																		
3	GYPSUM PLASTER																																		
4	AIR GAP																																		
5	ALUMINIUM EXTRUDED PROFILE																																		
6	ROCKWOOL																																		
7	ENGINEERING STEEL																																		
PLASTERBOARD	8%																																		
MINERAL WOOL	20%																																		
GYPSUM PLASTER	1%																																		
AIR GAP	1%																																		
ALUMINIUM EX. PR.	2%																																		
ROCKWOOL	40%																																		
ENGINEERING STEEL	29%																																		
LIGHTING	14%																																		
HEATING	86%																																		
TYPE 2 	 <table border="1"> <tr><td>1</td><td>PLASTERBOARD</td></tr> <tr><td>2</td><td>MINERAL WOOL</td></tr> <tr><td>3</td><td>AIR GAP</td></tr> <tr><td>4</td><td>GLASS</td></tr> <tr><td>5</td><td>ALUMINIUM EXTRUDED PROFILE</td></tr> <tr><td>6</td><td>ROCKWOOL</td></tr> </table> <p>U = 0.069 W/m²K</p>	1	PLASTERBOARD	2	MINERAL WOOL	3	AIR GAP	4	GLASS	5	ALUMINIUM EXTRUDED PROFILE	6	ROCKWOOL	<table border="1"> <tr><td>PLASTERBOARD</td><td>1%</td></tr> <tr><td>MINERAL WOOL</td><td>4%</td></tr> <tr><td>AIR GAP</td><td>9%</td></tr> <tr><td>GLASS</td><td>48%</td></tr> <tr><td>ALUMINIUM EX. PR.</td><td>38%</td></tr> <tr><td>ROCKWOOL</td><td>1%</td></tr> </table> <p>EC = 267,20 kgCO₂e/m²</p>	PLASTERBOARD	1%	MINERAL WOOL	4%	AIR GAP	9%	GLASS	48%	ALUMINIUM EX. PR.	38%	ROCKWOOL	1%	<table border="1"> <tr><td>LIGHTING</td><td>12%</td></tr> <tr><td>HEATING</td><td>88%</td></tr> </table> <p>EUI = 114,84 kWh/m²y</p>	LIGHTING	12%	HEATING	88%				
1	PLASTERBOARD																																		
2	MINERAL WOOL																																		
3	AIR GAP																																		
4	GLASS																																		
5	ALUMINIUM EXTRUDED PROFILE																																		
6	ROCKWOOL																																		
PLASTERBOARD	1%																																		
MINERAL WOOL	4%																																		
AIR GAP	9%																																		
GLASS	48%																																		
ALUMINIUM EX. PR.	38%																																		
ROCKWOOL	1%																																		
LIGHTING	12%																																		
HEATING	88%																																		

Tab. 02

perfece opaca/ trasparente, la variazione degli aspetti funzionali del tessuto in base all'orientamento. La strategia di upgrading programmato che si sta mettendo a punto pone a confronto soluzioni possibili a basso impatto ambientale che contribuiscano ad abbassare i consumi energetici e i livelli di emissione di CO₂. Un ulteriore fattore di complessità sta nel coniugare l'abbattimento dei livelli generali di CO₂ e dei costi energetici.

by the Zero Carbon Hub programme for low carbon transition in new urban plans (Zero Carbon Hub, 2009). The building, therefore, falls into the category of new buildings that are up to standard but inadequate in relation to carbon-free standards that are expected as compulsory within less than two years (DLUHC, 2021). What we see then is that substantial insulation of the perimeter walls, in the case study with U levels half or less than permitted under regulations, does not necessarily correspond to the achievement of Class A or higher energy performance. As regards this specific case study, research is proceeding to identify why the building fails to conform, and where and how to intervene on the envelope to reduce energy requirements, particularly addressing issues of the presence of thermal bridges, thermal lag, poor designed

internal lighting, and the lack of passive solar gains. The research trend and findings of the study enter into the flow of the latest topics in the current regulatory debate. In academic circles, some have emphasised the inadequacy of the calculation systems inherent to the current regulations, in the face of the rapidly mounting quantities of new urban fabric that will soon be subject to energy retrofit, resulting in high costs and wasted resources in the implementation processes. The research project described here is currently identifying a set of design variables that consider the efficiency of the building envelope not only from the point of view of insulation U-values, but especially through factors such as variation in the envelope shape; variation in the opaque/transparent surface ratios; variation in functional

Possibili sviluppi

scorre risultati parziali già consente di evidenziare alcuni limiti e di definire margini di miglioramento per il prosieguo della ricerca. In primo luogo, emerge la necessità di affiancare ai calcoli svolti con l'ausilio di software una sperimentazione sul campo, a partire da un monitoraggio con strumenti adeguati delle

L'esperienza del dottorato, ancora in corso, anche se restituisce risultati parziali già consente di evidenziare alcuni limiti e di definire margini di miglioramento per il prosieguo della ricerca. In primo luogo, emerge la necessità di affiancare ai calcoli svolti con l'ausilio di software una sperimentazione sul campo, a partire da un monitoraggio con strumenti adeguati delle

aspects of the fabric with respect to its orientation. The proposed upgrading strategy, which is currently being developed, envisages solutions with low environmental impacts, which lower energy consumption and CO₂ emissions. One of the particular complexities of the study lies in achieving lower embodied and emitted CO₂ as well as lower energy costs.

Possible developments

This research, which is ongoing as part of a doctorate programme, though it is still in the phase of partial results, already evidences certain inherent limits and margins for improvement. Firstly, the need emerges to flank the software-based calculations of the doctoral research with field experimentation, beginning by monitoring the actual comfort conditions of the appraised homes, using suitable instruments,

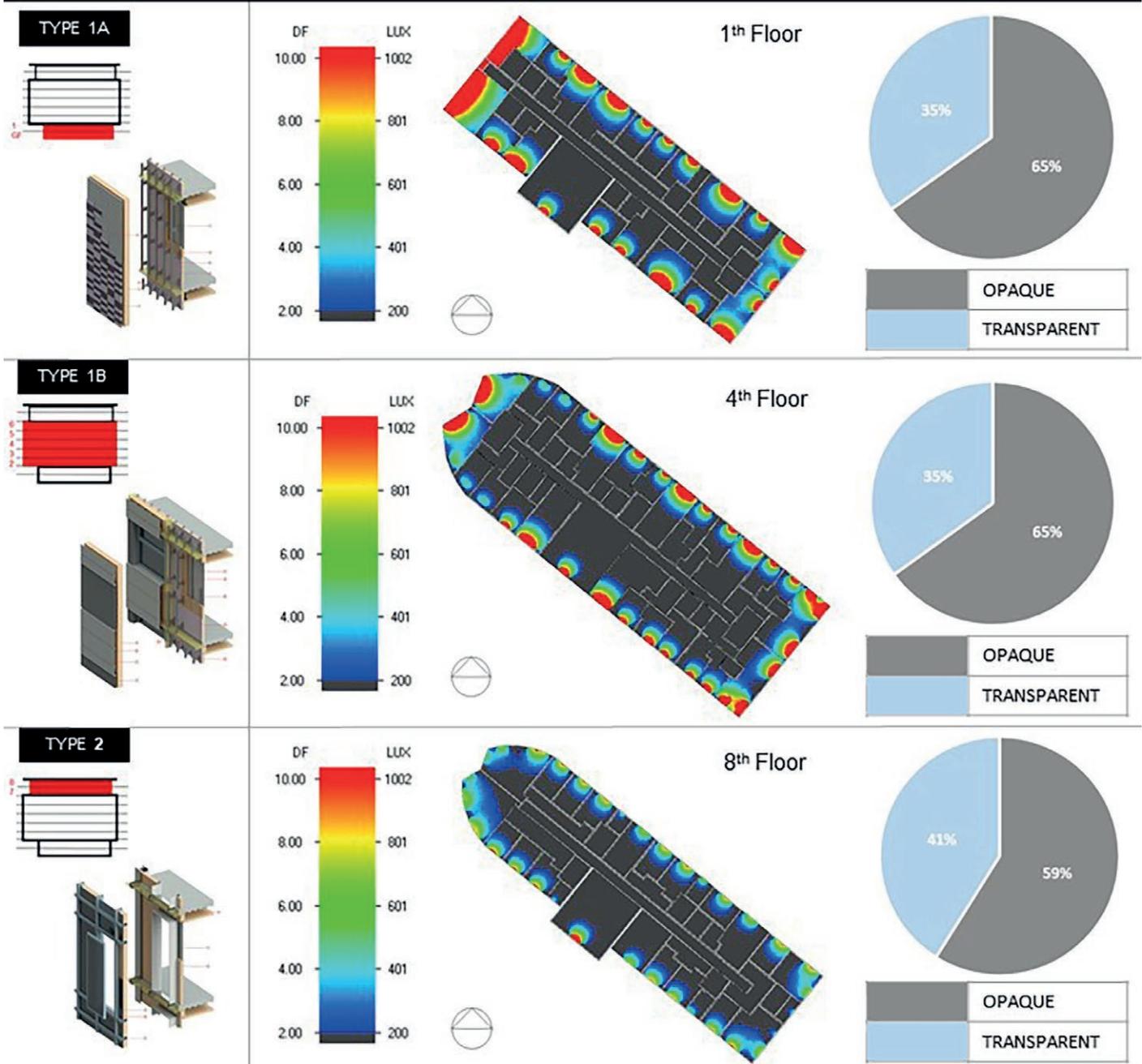
and the subsequent development of new comparative models for possible solutions to the identified deficiencies. It is significant that the current doctoral research emerged from the actual needs of a real estate company, with the stated aim of enhancing its assets in the purely economic and environmental sense, but also managing them in the current and upcoming regulatory contexts. Aware of their needs, which are not confined to the UK context but are, instead, common throughout Europe and even beyond, the company entered into an agreement with the University of Liverpool, in the framework of a larger Low Carbon Eco-Innovatory Partnership, supported by the European Regional Development Fund. Newly constructed or upgraded buildings in all European nations, whose policies and standards derive from the

Tab.03| L'analisi mostra I livelli di Lux del primo, quarto e ottavo piano di Pomona Strand Block A
 Analysis shows Lux levels of the first, fourth and eighth floors of Pomona Strand Block A

Tab.03 |

FAÇADE SYSTEM:

RATIO OPAQUE AND TRANSPARENT SURFACE – WINDOW TO WALL RATIO



same European directives, generally perform below the desired standard. This is why rather than specifying a standardised solution, strategies and methodologies must be made replicable in the sense of achieving the desired results in different contexts and cases. This development requires recognition of the urgent need to trace the contributing factors that have determined unsatisfactory results, and ultimately to avoid nullifying the sincere design and economic efforts of

technicians and real estate companies, as experienced thus far. More generally, it is evident that the scenario before us presents a paradox, in which countries such as the United Kingdom that, ahead of many others, adopted sustainable development policies long ago, are entering into regulatory vs. economic contexts, which can be foreseen as untenable. What we must do before proceeding any further is to put in place processes, tools and methods, whose outcomes can truly

be assessed. The issue of updating the contemporary building stock is of great concern throughout Europe. In light of the new green directives, the expectation is that by 2030 buildings currently in class F and G should be upgraded to energy class E; by 2023 class D buildings should be upgraded to class E; by 2040 all buildings should be upgraded to at least class D; and by 2050 the entire building stock should be zero-emission. It is notable that every single move to an adjacent higher class is equivalent

to a 25% improvement in performance. In short, the achievement of NZeb targets by 2050 is a formidable challenge, requiring great work, investment and knowledge. These are challenges that cannot be shirked, given that the standards and timeline set out in the new directives are the response to accelerating climate change and, therefore, urgent needs for containment of energy consumption and atmospheric emissions. In this general context of the crucial and complex management of energy

reali condizioni di comfort degli alloggi, fino alla realizzazione di un modello risultante dai confronti tra le soluzioni possibili individuate.

Va precisato che lo studio è partito da una reale esigenza, quella di una società immobiliare che intende valorizzare il proprio patrimonio attraverso una *partnership* con l'università, nell'ambito del progetto *Low Carbon Eco-Innovatory* che attinge in parte ai fondi regionali europei FERS stanziati prima della Brexit. L'esigenza da cui si parte, tuttavia, è un'esigenza diffusa non circoscrivibile esclusivamente al contesto inglese.

Gli edifici da poco realizzati o riqualificati in Europa e in Italia, le cui politiche e norme derivano dalle stesse direttive europee, come nel caso trattato, mostrano generalmente prestazioni al di sotto delle previsioni. Di qui la possibilità di rendere replicabili strategie e metodologie, più che soluzioni tipo, riconoscendo la necessità e l'urgenza di risalire alle concause che hanno determinato risultati non soddisfacenti, per non vanificare gli sforzi progettuali ed economici intrapresi dai tecnici e dalle società immobiliari.

In conclusione, più in generale appare evidente quanto lo scenario descritto delinei una conflittualità che paradossalmente si sta prefigurando guardando a quei Paesi, come il Regno Unito, che anche in anticipo rispetto ad altri, hanno avviato da tempo politiche di sviluppo sostenibile mettendo in campo processi, strumenti e metodi di cui è possibile valutare gli esiti.

Dall'introduzione della normativa europea sul clima del luglio 2021 in merito alla riduzione di emissioni sono state definite tappe obbligatorie per tutti i paesi membri. Il problema dell'aggiornamento del patrimonio edilizio contemporaneo desta in tutta Europa grande preoccupazione soprattutto alla luce delle

issues, experts in various nations are raising concerns over the new policy attempts to guide the redevelopment of the various national housing stocks, in particular for the addition of superficial and ostensibly "simple" tools and procedures on top of the regulations already in force, thus creating a combination capable of guaranteeing the quality of projects or the actual achievement of the mandatory standards.

In the context of the global polycrisis, and this historic moment of transition in one aspect of housing stock, this research narrows the question still further to the confines of the envelope design and execution. The aim is to evidence the potential of the various components (morphological, material, technological), whose integration, through intelligent plans for assembly in interacting parts, can align contemporary architecture with future standards for energy

efficiency. The question is not only political, legislative or technical but, first and above all, one of design. And the methodological approach of this study, although in the details applied to a UK context, can be adopted for planning in other national contexts.

As for the questions of pure "design", of aesthetics, in the path towards a reality of truly sustainable architecture, the way we approach the tasks must change, without giving in to fears that sustainable technologies will interfere with the aesthetic appearance of our buildings. If we do this, if we avoid the necessary solutions now, we shall only see them "added on" once our purist design and construction processes are complete (Urbano Gutierrez and de la Plaza Hildago, 2020).

NOTES

¹ The fabric-first strategy is to minimise energy consumption through: maximisation of air-tightness; use of super-insulated envelope systems; optimisation of solar gains and natural ventilation; utilisation of the thermal mass of the building envelope; utilisation of occupant and electrical device energy.

ultime misure per il raggiungimento della neutralità climatica. Nell'ambito del pacchetto per l'aggiornamento normativo Europeo *Fit for 55*, la nuova Direttiva sulle case *green* prevede entro il 2030 il passaggio in classe energetica E degli immobili attualmente collocati in classe F e G; entro il 2023 il raggiungimento della classe D per gli edifici di classe E; entro il 2040 il rientro almeno in classe D di tutto il costruito e infine per il 2050 il raggiungimento delle zero emissioni per l'intero patrimonio edilizio. Va tenuto presente che ogni singolo passaggio ad una classe più elevata equivale ad un miglioramento prestazionale del 25%. Ciò significa che il raggiungimento degli obiettivi NZeb entro il 2050 imporrebbe lavori di considerevole entità. D'altronde gli standard e la tempistica indicati nella nuova direttiva sono la risposta all'accelerazione del cambiamento climatico e alle urgenti esigenze di contenimento energetico da cui non ci si può sottrarre.

Sullo sfondo della delicata e quanto mai attuale questione energetica, anche in Italia si stanno ponendo dubbi sui risultati di una politica di riqualificazione dello stock abitativo, che affianca alle norme vigenti strumenti e procedure semplificate e superficiali, non in grado di garantire la qualità dei progetti nonché il raggiungimento reale degli standard previsti.

Per questo la ricerca, consapevole di questo storico momento di transizione e dello scenario di polycrisi globale, riconduce la questione entro i confini del progetto dell'involucro, cercando di evidenziare le potenzialità delle varie componenti (morfologiche, materiche e tecnologiche) la cui integrazione, se derivate da un intelligente progetto di assemblaggio di parti interagenti, sono in grado di allineare l'architettura contemporanea ai futuri standard di efficienza energetica. La questione non è esclusi-

sation of air-tightness; use of super-insulated envelope systems; optimisation of solar gains and natural ventilation; utilisation of the thermal mass of the building envelope; utilisation of occupant and electrical device energy.

² EUI is an indicator of the energy efficiency of a building's design and/or operations, calculated in terms of energy use per building unit when operating at conditions of environmental comfort. This, in turn, derives from EPgl, which considers all energy consumed in the building for heating and cooling, ventilation, lighting, hot water and electrical load.

³ "A network of over 1,000 built environment professionals, working together to put the UK on the path to a zero carbon future". Available at: <https://www.leti.uk/> (Accessed on 10/05/2023).

⁴ The Future Homes Standard, scheduled for 2025, will set out new CO₂

emission standards in line with the objectives of carbon neutrality by 2050, as established in the EU Energy Roadmap. It is expected that the new Standard will indicate a new method for calculating building energy efficiency, impose higher performance standards for the envelope, and make greater use of low carbon materials mandatory (Department for Levelling Up, Housing and Communities, 2021).

⁵ Aniello Mauro Borriello, Doctoral Student/Researcher, University of Liverpool, Low Carbon Eco-Innovatory Partnership, European Regional Development Fund, Advisor Dr Marco Iuliano, Reader in Architecture; Co-Advisor Dr Luigi Sarno, Programme Director, Sustainable Civil and Structural Engineering; External Advisor, Paola Ascione, Professor of Architectural Technology, 'Federico II' University of Naples.

vamente giuridica o tecnicistica, ma piuttosto progettuale. In tale ottica lo studio presentato, sebbene faccia riferimento al contesto inglese, si basa su un approccio metodologico progettuale potenzialmente reiterabile anche in altri contesti. Affinché l'ambizione di progettare architetture davvero sostenibili diventi una realtà, deve cambiare il modo in cui progettiamo gli edifici, senza temere che le tecnologie sostenibili possano interferire con l'aspetto estetico di un edificio, evitando così che queste vengano "aggiunte" una volta completato il processo di progettazione (Urbano Gutierrez, de la Plaza Hildago, 2020).

NOTE

¹ La strategia *fabric first* mira a ridurre al minimo la necessità di consumo energetico attraverso la massimizzazione delle prestazioni di tenuta dell'aria; l'impiego di sistemi di involucro super-isolati; l'ottimizzazione dei guadagni solari e della ventilazione naturale, l'utilizzo della massa termica dell'involucro edilizio, dell'energia degli occupanti e dei dispositivi elettrici.

² Energia totale annua consumata in un edificio per riscaldamento e raffreddamento, ventilazione, illuminazione, acqua calda e carico elettrico, corrispondente all'EPgl (*Global Energy Performance*), ovvero la quantità di energia consumata dall'edificio (o unità immobiliare) affinché si raggiungano le condizioni di comfort ambientale

³ PhD LCEI (Low Carbon Eco-Innovatory), Fondo Europeo di sviluppo regionale (FESR), Doctoral student Aniello Mauro Borriello, primary supervisor Marco Iuliano, second supervisor Luigi Sarno, honorary recogniser supervisor Paola Ascione.

⁴ Lo standard *Future Homes* previsto per il 2025, è il documento normativo che conterrà i nuovi standard di emissioni di CO2 in funzione degli obiettivi di Carbon Neutrality 2050. Con l'entrata in vigore della normativa si prevede un nuovo metodo di valutazione per il calcolo dell'efficienza energetica, standard prestazionali più elevati per l'involucro e maggior impiego di materiali a basse emissioni di carbonio (Department for Levelling Up, Housing and Communities, 2021).

REFERENCES

Concerted Action EPBD (2018), "Implementing the Energy Performance Building Directive – Country Reports", p. 285. Available at: <https://epbd-ca.eu/archives/2905> (Accessed on 02/03/2023)

Department for Communities and Local Government (2009), "Sustainable New Homes – The Road to Zero Carbon Consultation on the Code for Sustainable Homes and the Energy Efficiency standard for Zero Carbon Homes", p. 33. Available at: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/8557/1415525.pdf (Accessed on 02/03/2023)

Department for Levelling Up, Housing & Communities (2021), "The Future Buildings Standard: summary of responses, and government response". Available at: <https://www.gov.uk/government/consultations/the-future-buildings-standard#:~:text=Government%20response%20to%20the%20Future,government%20response%20to%20that%20consultation.> (Accessed on 02/03/2023)

Graf, F., Marino, G. (2012), "La cité du Lignon, 1963-1971 Étude architecturale et stratégies d'intervention, Patrimoine & Architecture", Ginevra.

Greater London Authority (2020), "Energy Assessment Guidance Greater London Authority guidance on preparing energy assessments as part of planning applications", p. 4. Available at: https://www.london.gov.uk/sites/default/files/gla_energy_assessment_guidance_april_2020.pdf (Accessed on 02/03/2023)

Gutiérrez, R. U., de la Plaza Hidalgo, L. (2020), "Elements of Sustainable Architecture", Routledge Edition, Abingdon, United Kingdom.

Johnstone, A. (2022), "Building regs what's changed: Part L, F and introducing Part O on ventilation" Cousins, S., the RIBA Journal, Available at: <https://www.ribaj.com/intelligence/changes-to-part-l-part-f-part-o-future-buildings-standard> (Accessed on 02/03/2023)

Harvey, E. (2022), "Decarbonising heat in homes - House of Commons Business, Energy and Industrial Strategy Committee", p. 20. Available at: <https://publications.parliament.uk/pa/cm5802/cmselect/cmbeis/1038/report.html> (Accessed on 02/03/2023)

Herzog, T. (2005), "Reacting Skin", Kappa Edition, Rome, Italy.

HM Government (2023), "Approved Document L - Conservation of fuel and power – Volume 1: Dwelling 2021 edition incorporating 2023 amendments – for use in England", p. 22 Available at: <https://www.gov.uk/government/publications/conservation-of-fuel-and-power-approved-document-l> (Accessed on 02/03/2023)

House of Commons - Business, Energy and Industrial Strategy Committee (2022), "Decarbonising heat in homes - Seventh Report of Session 2021–22", p. 20. Available at: <https://publications.parliament.uk/pa/cm5802/cmselect/cmbeis/1038/report.html> (Accessed on 02/03/2023)

London Energy Transformation Initiative LETI (2020), "How new buildings can meet UK climate change targets", p. 44. Available at: <https://www.leti.uk/cedg> (Accessed on 02/03/2023)

Morris, N. (2022), "New Building Regulations changes to Part L are now in effect", Royal Institute of British Architects (RIBA), Available at: <https://www.architecture.com/knowledge-and-resources/knowledge-landing-page/new-building-regulations-changes-to-part-l-are-now-in-effect> (Accessed on 02/03/2023)

Paris, S., Bianchi, R. (2015), "La riqualificazione architettonica e ambientale dei quartieri moderni di edilizia residenziale pubblica: una opportunità per la città contemporanea. Un caso di studio a Roma", in *TECHNE*, n. 10,

Turley Sustainability (2018), "Carbon Budget Statement X1 Manchester Waters", pp. 10.

United Nations Environment Programme (2022), "Global Status Report for Buildings and Construction: Towards a Zero-emission, Efficient and Resilient Buildings and Construction Sector", p. 18. Available at: <https://www.unep.org/resources/publication/2022-global-status-report-buildings-and-construction>.

Zero Carbon Hub (2009), "Defining a Fabric Energy Efficiency Standard for Zero Carbon Homes", p. 4. Available at: <https://www.merton.gov.uk/system/files/Defining-a-Fabric-Energy-Efficiency-Standard-Executive-Summary.pdf> (Accessed on 02/03/2023).

Roberto Giordano¹, <https://orcid.org/0000-0001-6640-548X>

Jacopo Andreotti², <https://orcid.org/0000-0002-4370-4150>

¹ Dipartimento di Architettura e Design, Politecnico di Torino, Italia

² Dipartimento di Architettura, Università degli Studi Roma Tre, Italia

roberto.giordano@polito.it
jacopo.andreotti@uniroma3.it

Abstract. Le iniziative avviate a valle dell'Accordo sul Clima di Parigi, così come il lavoro di revisione della Direttiva EPBD, hanno come obiettivo lo sviluppo una roadmap per la transizione energetica e la decarbonizzazione del settore delle costruzioni, entro il 2050. In tale ambito è stata sviluppata la ricerca "Strumenti per la Decarbonizzazione", finanziata da *Green Building Council* Italia, e parte del progetto Europeo #BuildingLife, che prevede di definire un set di indicatori attraverso cui contabilizzare le emissioni di CO₂ in diverse fasi del ciclo di vita di un manufatto e di valutare la *Whole Life Carbon*, ovvero, l'impronta complessiva di carbonio dello stesso manufatto.

Parole chiave: *Building Life Cycle; Embodied & Operational Carbon; Decarbonisation; Whole Life Carbon.*

La strada verso la Decarbonizzazione

Il programma di ricerca Strumenti per la Decarbonizzazione (DEC50) si sviluppa all'interno di un contesto politico e culturale noto, quello dell'Accordo di Parigi, entrato in vigore nel novembre 2016, firmato da 195 Paesi e ratificato da 190, a partire da gennaio 2021.

La Conferenza delle Parti di Parigi (COP 21) è stata anche l'occasione per un più ampio coinvolgimento, rispetto al passato, di *stakeholders*, operanti in ambiti socioeconomici eterogenei, e rappresentanti di interessi pubblici e privati. Tale coinvolgimento ha portato alla nascita di numerose iniziative, non ultima la fondazione della GlobalABC (*Global Alliance for Buildings and Construction*) la cui finalità è definire soluzioni per raggiungere gli obiettivi di decarbonizzazione per il settore edilizio (GlobalABC, 2020). L'importanza della GlobalABC è da ricondurre al ruolo strategico che i manufatti edilizi avranno nei prossimi anni, in ragione delle emissioni di anidride carbonica equivalente (CO₂eq) che rilasciano in atmosfera in diverse fasi del loro

DEC50: Building decarbonisation tools

Abstract. The initiatives launched downstream of the Paris Climate Agreement, as well as the work on the revision of the EPBD Directive, have as their primary objective the development of a roadmap for the energy transition and decarbonisation of the construction sector by 2050. The research "Tools for Decarbonization" was developed in this context. Green Building Council Italia has funded it and is part of the European project #BuildingLife. The study plans to define a set of indicators to account for CO₂ emissions in different stages of the building's lifecycle, and to assess the *Whole Life Carbon* of the building itself, i.e., its overall carbon footprint.

Keywords: *Building Lifecycle; Embodied & Operational Carbon; Decarbonisation; Whole Life Carbon.*

ciclo di vita e alla crescente esigenza di nuove abitazioni, connessa all'aumento demografico a scala planetaria.

Tra in numerosi documenti elaborati dalla GlobalABC è opportuno menzionare la Guida per l'integrazione di azioni di mitigazione delle emissioni di CO₂ nei *Nationally Determined Contributions* (NDCs) e la *Global Road Map*, suddivisa per continenti, che stabilisce i potenziali percorsi verso manufatti a zero emissioni.

I contenuti della *Global Road Map* sono stati condivisi e implementati in ambito Europeo e Nazionale, definendo scenari subordinati a diversi livelli di sviluppo: economico, sociale e tecnologico e ad altrettante condizioni climatiche. In particolare, l'Unione Europea si è prefissata un percorso di neutralità climatica articolato (UE, 2021) che include: la pianificazione urbana, la realizzazione di edifici nuovi e il retrofit di quelli esistenti, la gestione delle risorse per la climatizzazione dei manufatti edilizi, la selezione dei materiali da costruzione e l'implementazione delle fonti rinnovabili. Di indubbio interesse è il lavoro di revisione della Direttiva sul Rendimento Energetico degli Edifici (EPBD) (COM, 2021). La proposta, inerente alla transizione energetica, prevede un cambio di paradigma rispetto al passato, introducendo la valutazione delle emissioni di gas a effetto serra nel ciclo di vita degli edifici, a partire da quelli nuovi e dal 2030. Ciò significa che il processo di calcolo non si concentrerà sulle sole emissioni, denominate *Operational Carbon* (OC), associate alla fase operativa, ma su emissioni, denominate *Embodied Carbon* (EC), riferite alle fasi di produzione, costruzione e fine vita.

The road to decarbonisation

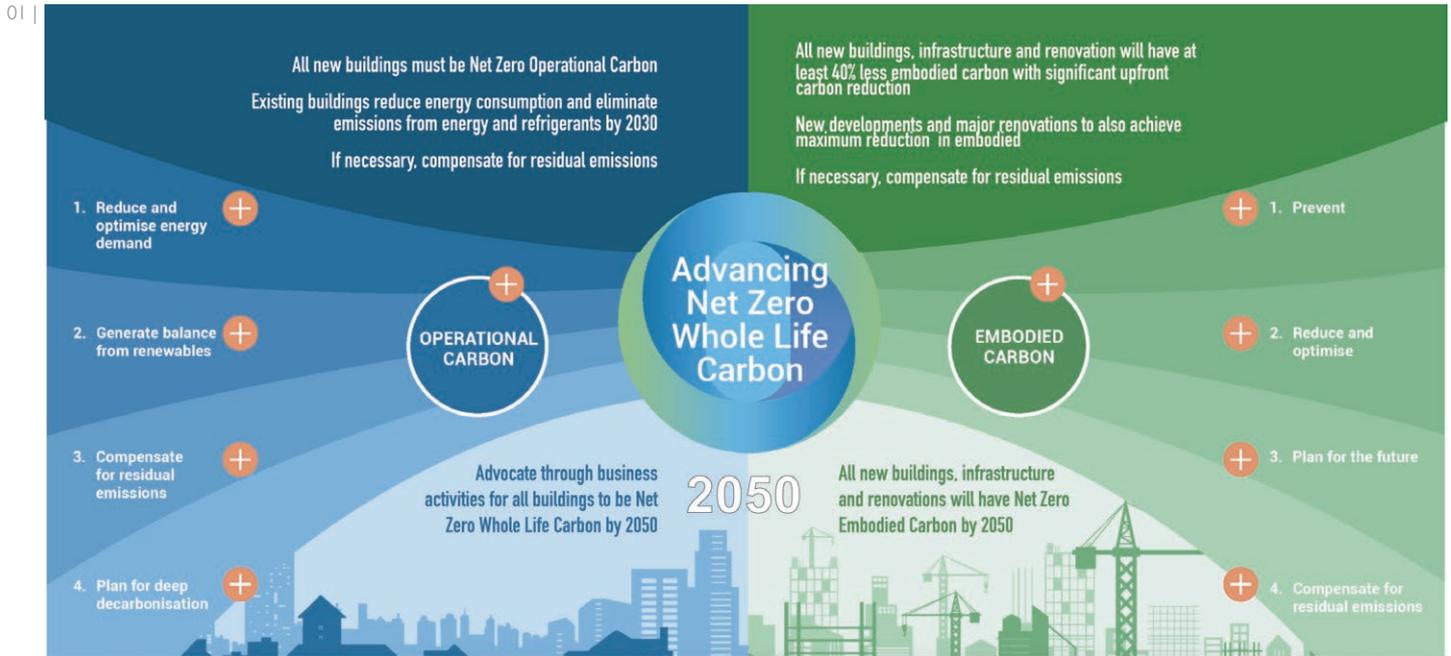
The research programme Tools for Decarbonization (DEC50) was set out and developed within the widely known political and cultural context of the Paris Agreement, which entered into force in November 2016, and was signed by 195 countries. It was subsequently ratified by 190 countries, starting in January 2021.

The Conference of the Parties in Paris (COP 21) was also an opportunity for a broader involvement – than in the past – of stakeholders acting in heterogeneous socio-economic fields and representing both public and private interests. This involvement has led to many initiatives, not least of all the creation of the Global Alliance for Buildings and Construction (GlobalABC). Its primary purpose is to define strategies and solutions to achieve the decarbonisation goals in the construction sector

(GlobalABC, 2020). The importance of GlobalABC is due not only to the fact that it is an integral part of the United Nations Environment Programme, but also to the strategic role buildings will have in the coming years. Such importance is due to the emissions of carbon dioxide equivalent (CO₂eq) the buildings release into the atmosphere at different stages of their lifecycle, and to the growing need for new homes as a result of population growth on a planetary scale.

Among the documents issued by GlobalABC, the Guide for integrating CO₂ mitigation actions in Nationally Determined Contributions (NDCs) and the Global Road Map, divided by continents, establish potential pathways to achieve zero-emission products.

The general contents of the Global Road Map have been shared and im-



Il bilancio tra OC ed EC condurrà a quello che la proposta di Direttiva definisce come *Whole Life Carbon* (WLC), ovvero la somma totale delle emissioni e delle rimozioni di CO₂eq di un manufatto edilizio, corrispondente a una *cradle-to-grave carbon assessment*.

La convergenza tra metodi e strumenti di calcolo della OC e della EC è illustrata nella figura 1 (Fig. 1) che riassume il programma *Advancing Net Zero* del *World Green Building Council* (WGBC, 2022) che prevede una serie di azioni per l'OC da realizzare, entro il 2030 e, successivamente, entro il 2050, che includono: la massimizzazione dell'efficienza energetica delle soluzioni di impianto; una significativa copertura dei fabbisogni per climatizzazione ed elettricità attraverso fonti rinnova-

vabili (prodotte *in-site & off-grid*); l'eliminazione progressiva dell'impiego di fonti fossili. Allo stesso tempo, il programma raccomanda di condurre una contabilizzazione dell'EC del manufatto, selezionando materiali a basse emissioni di CO₂eq e, ancora, adottando soluzioni in grado di ridurre i potenziali impatti in fase d'uso e nelle fasi di costruzione e demolizione. Per entrambe le categorie di indicatori sono, infine, previste azioni di compensazione delle eventuali emissioni residue.

A livello nazionale il GBC Italia ha condiviso le proposte e i programmi internazionali ed europei attraverso la partecipazione al progetto *#BuildingLife*, finalizzato alla messa a punto di *roadmap* nazionali ed europee per la decarbonizzazione del settore delle costruzioni (GBC, 2022). La ricerca è stata condot-

plemented at the European and national scale, defining appropriate scenarios subordinated to different levels of development: economic, social, and technological, and to as many climates as possible. The European Union has expressly set itself an articulated and complex climate neutrality path (EU, 2021), which includes: urban planning, the construction of new buildings and the retrofit of existing ones, resource optimisation for the air conditioning of buildings, the selection of building materials, and the implementation of renewable sources. The Commission's work on recasting the Energy Performance of Buildings Directive (EPBD) is of undoubted interest (COM, 2021). The proposal concerning the energy transition provides for a paradigm shift compared to the past, introducing the assessment of greenhouse gas emissions in the lifecycle of

buildings, starting with new ones and from 2030. This means that the calculation process will not focus only on emissions, called Operational Carbon (OC), associated with the operational stage, but on emissions to be considered as Embodied Carbon (EC), referring to the production, construction, and end-of-life stages. The balance between OC and EC will lead to what the Directive defines as Whole Life Carbon (WLC), i.e., the total CO₂eq emissions and removals of a building product, also described as a cradle-to-grave carbon assessment. The merging of OC and EC calculation methods and tools is illustrated in Figure 1 (Fig. 1). It summarises the World Green Building Council's *Advancing Net Zero* programme (WGBC, 2022). The programme includes a certain number of actions to be carried out by 2030 and by 2050 for the OC, includ-

ing energy efficiency maximisation of services, coverage of renewable sources for air conditioning and electricity needs (in-site & off-grid production), and fossil fuels phasing out. At the same time, the programme recommends achieving a study to build EC accounts starting from the early design by selecting materials with low CO₂ eq emissions and by adopting solutions that can reduce potential impacts in the usage stage and in the construction and demolition stages. Finally, offsetting actions are planned for both indicators to compensate for residual emissions. Also, at the national level, GBC Italia has shared international and European proposals and programmes through participation in the European project *#BuildingLife*. *#BuildingLife* aimed to develop national roadmaps for decarbonisation

in the construction sector (GBC, 2022) within a global EU roadmap. Research activities were carried out between 2020 and 2022, leading to the development of three projects concerning the resilience of cities, circularity in the construction sector and the decarbonisation of buildings (DEC50).

The research "Building Decarbonisation Tools"

The Politecnico di Torino's Technology and Environment research group is a GBC Italian partner in the *#BuildingLife* programme, and has the role of scientific DEC50 research coordination (Andreotti and Giordano, 2023). The research's overall objective is to set out a methodology for EC accounting, harmonised with the OC methodology and aimed at a WLC assessment that is consistent with the international and European technical-scientific

te nel periodo compreso tra il 2020 e il 2022 e ha portato allo sviluppo di tre progetti che riguardano la resilienza delle città, la circolarità nel settore delle costruzioni e la decarbonizzazione degli edifici (DEC50).

La ricerca “Strumenti per la Decarbonizzazione”

Il gruppo di ricerca Tecnologia e Ambiente del Politecnico di Torino è partner di GBC Italia nell'ambito di #BuildingLife e ha il ruolo di coordinamento scientifico della ricerca DEC50 (Andreotti and Giordano, 2023). L'obiettivo è definire una metodologia di contabilizzazione nazionale dell'EC, complementare a quella dell'OC, e di valutazione finale della WLC, coerente con il quadro tecnico-scientifico internazionale ed europeo.

L'approccio ha previsto l'organizzazione di incontri periodici con *stakeholders*, rappresentanti del mondo accademico, delle istituzioni pubbliche e di alcuni settori della produzione edilizia, che hanno valutato i progressi della ricerca, evidenziando le criticità, i punti di forza e contribuendo alla successiva implementazione. La OC determina le emissioni di CO₂eq di un manufatto, in funzione dei fabbisogni energetici per la climatizzazione, l'illuminazione e l'acqua sanitaria. Mentre l'indicatore l'EC valuta i rilasci, gli stoccaggi, le rimozioni e le eventuali compensazioni di CO₂eq durante una o più fasi del ciclo di vita dello stesso manufatto. L'unità di misura con cui contabilizzare l'EC e l'OC è la CO₂eq, ovvero, l'unità in grado di esprimere l'impatto sulla transizione energetica e sul cambiamento climatico di una determinata quantità di gas serra, sia essa CO₂, metano (CH₄), protossido di azoto (N₂O), ecc., rispetto a un equivalente quantitativo di CO₂. I fattori di conversione dei diversi gas sono

framework. Further, DEC50 should be a reference for the national context.

The approach adopted involved the organisation of recurrent meetings. Several stakeholders, representatives of academia, public institutions and some building production sectors, besides sustainability experts evaluated the progress of the research. They highlighted the critical issues and strengths, and contributed to its subsequent implementation.

The functional unit to account for EC and OC is CO₂eq. According to energy transition and climate change targets, such a unit can account for the impact of a given amount of greenhouse gases. This means that methane (CH₄), nitrous oxide (N₂O), etc., are normalised to an equivalent amount of CO₂. The different gas conversion factors are defined in the IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) report (IPCC, 2021).

More specifically, the OC calculates the CO₂eq emissions of a building according to its energy needs for air conditioning, lighting and domestic hot water. In comparison, the EC estimates the releases, storages, removals and any offsets of CO₂eq during the building's lifecycle.

The calculation of emissions as regards OC can be performed using well established certification methods and commonly used tools, such as the Energy Performance Certificates (EPCs). Instead, EC is harder to analyse and verify due to lack of a well defined and binding technical-regulatory framework, especially in some nations (e.g. Italy), and the uncertainty of the data to be used.

Overall, DEC50 was divided into two main phases. The first was about defining the methodological aspects characterising the account and evaluation;

definiti nel report IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) (IPCC, 2021).

Il calcolo delle emissioni associato all'OC è facilitato da strumenti consolidati di certificazione, come l'Attestato di Prestazione Energetica (APE). Al contrario, la contabilizzazione dell'EC è di più difficile analisi e verifica (Pomponi and Moncaster, 2018), in ragione di una mancanza di un quadro tecnico-normativo strutturato e cogente e dell'incertezza dei dati da utilizzare.

La ricerca DEC50 è stata suddivisa in due momenti. Il primo, di definizione degli aspetti caratterizzanti la metodologia di contabilizzazione e di valutazione, il secondo, di predisposizione delle procedure di calcolo, per le diverse fasi del ciclo di vita di un manufatto edilizio, sia esso nuovo, esistente o sottoposto a intervento di ristrutturazione.

Aspetti metodologici caratterizzanti

La prima parte della ricerca è subordinata allo studio di un elevato numero di documenti tecnici e normativi, per lo più appartenenti alle famiglie UNI EN 14000 e 15000 (Fig. 2). In particolare, DEC50 ha adottato il sistema di classificazione proposto dalla norma UNI EN 15978:2011 (UNI, 2011).

La contabilizzazione dell'EC è da ricondurre a fasi che possono essere identificate con i seguenti titoli e codici: Produzione (A1-A3) e Costruzione (A4-A5), Uso (B1-B5) e Fine Vita (C1-C4) (Fig. 3). Alle fasi appena descritte si aggiunge – come elemento indipendente – la fase “oltre il ciclo di vita (D)”: capace di valutare i potenziali benefici e/o impatti relativi a processi circolari di riuso, recupero o riciclo.

the second was setting up the calculation procedures for the building's lifecycle stages, whether new, existing or under renovation.

Characterising methodological aspects

The first part of the research is to be considered subject to the study of a large number of technical and regulatory reports and standards, mostly belonging to UNI EN 14000 and 15000 clusters (Fig. 2). Particularly, DEC50 has adopted the classification system proposed by the UNI EN 15978: 2011 standard (UNI, 2011). EC accounting must, therefore, be traced back to stages that can be identified with the following titles and numbers: Production (A1-A3) and Construction (A4-A5), Use (B1-B5) and End-of-Life (C1-C4). The stages described above are added to “beyond the lifecycle (D)” as an in-

dependent element. D can estimate the potential benefits and impacts related to circular processes of reuse, recovery or recycling (Fig. 3).

The EC must be assumed as a progressive accounting process. Its features vary according to the design process, from early to detailed design. The methodology developed considers the accessibility and type of information available for designers, defining appropriate calculation procedures. In more detail, DEC50 is set apart between the basic and advanced methods (Fig. 4). The first refers to the feasibility study when it is possible to calculate the EC through generic databases (i.e., it relates to generic materials). This method allows an estimation of potential CO₂eq emissions. The second method enables calculate the EC when the materials are well defined (e.g., many materials featured with an

02 | Principali riferimenti normativi e documenti tecnici. Elaborazione degli autori
 Main regulatory reports and standards used within DEC50's methodology. Elaboration by the authors

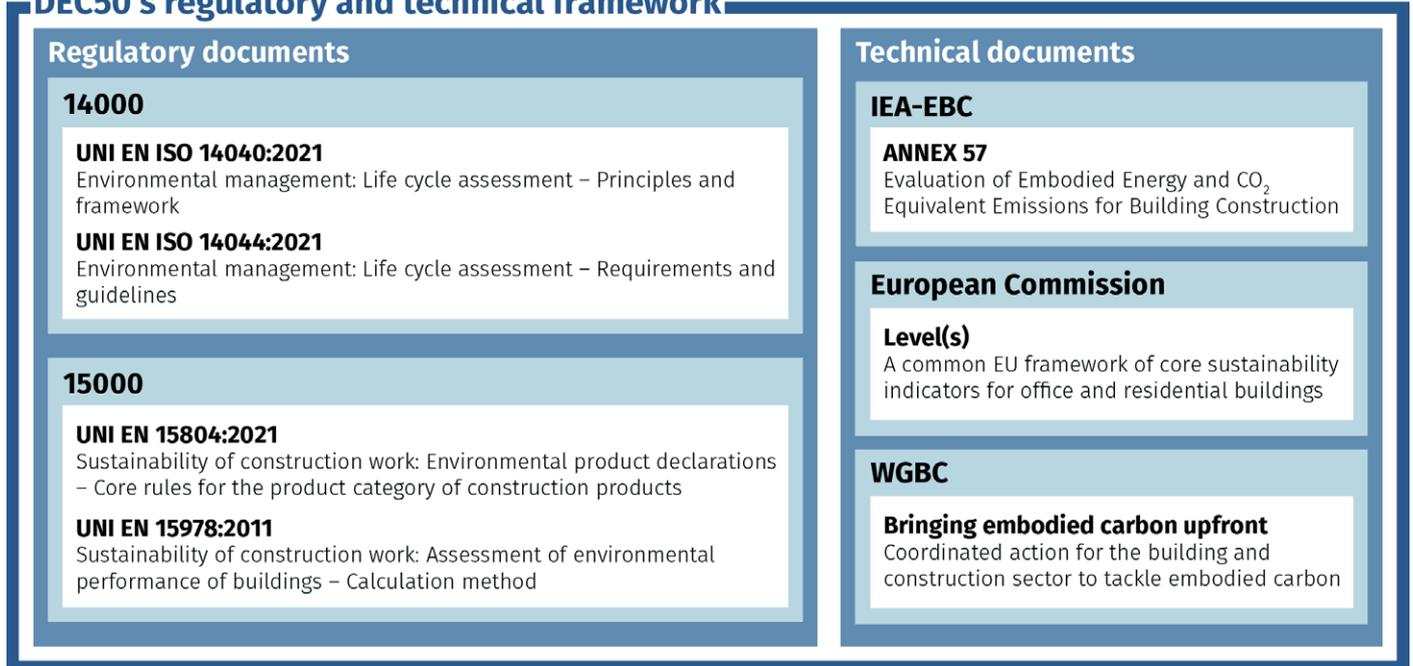
03 | Fasi che caratterizzano il ciclo di vita di un manufatto edilizio. Rielaborazione degli autori da UNI EN 15978:2011
 Stages that characterise the building's life cycle. Elaboration by the authors from UNI EN 15978: 2011

La metodologia considera la tipologia di informazioni disponibili per progettisti, definendo delle procedure appropriate di calcolo. Più in dettaglio DEC50 opera una distinzione tra metodo base e metodo avanzato (Fig. 4). Nel primo, che si riferisce allo studio di fattibilità, la determinazione dell'EC avviene attraverso banche dati che si riferiscono a generici materiali

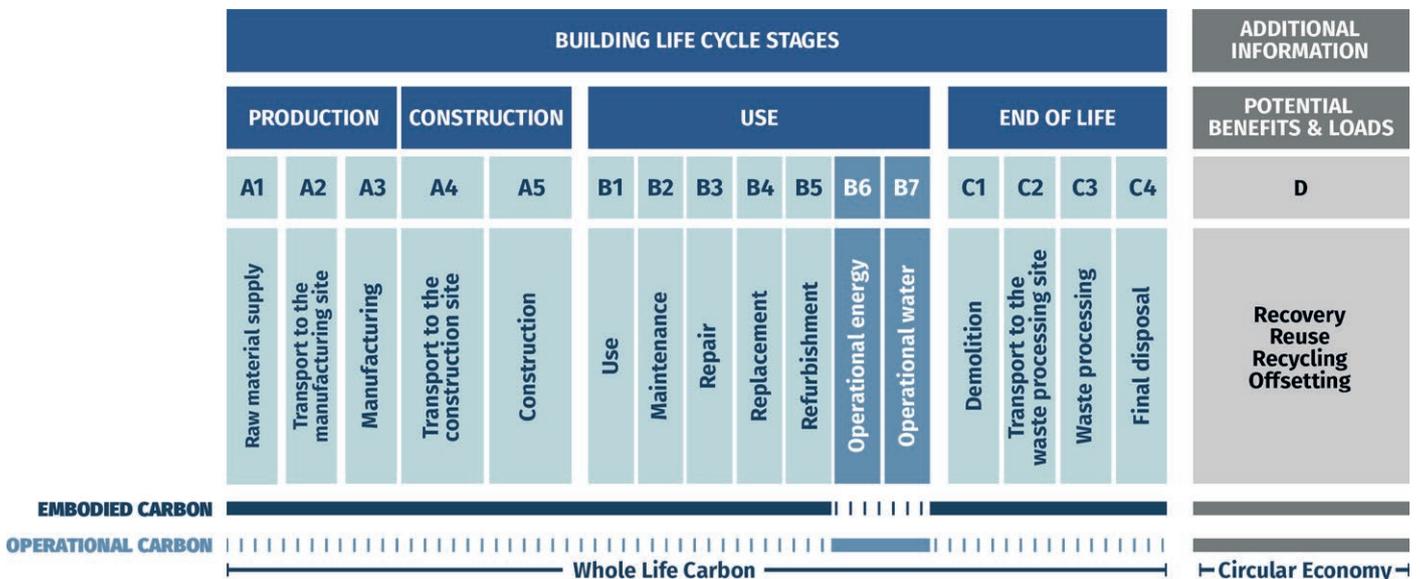
(generic data). Il metodo base consente pertanto di stimare le probabili emissioni di CO₂eq.

Il secondo metodo, invece, permette di contabilizzare l'EC in fasi evolute del progetto o di esecuzione del manufatto, attraverso informazioni dettagliate presenti su schede tecniche o certificazioni ambientali (es. *Environmental Product Declara-*

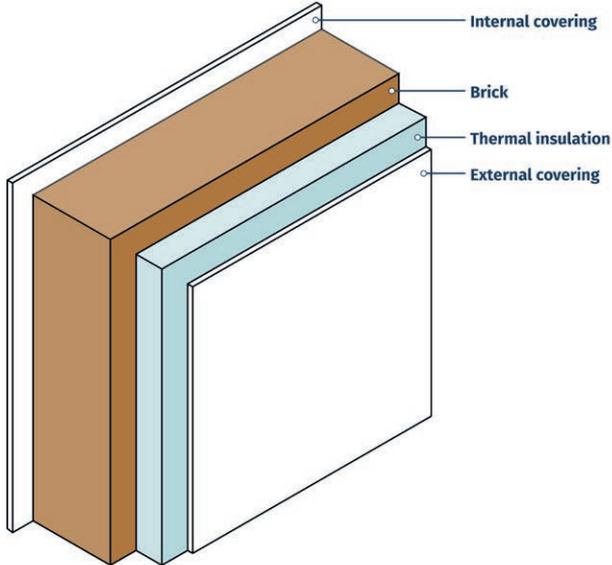
02 | DEC50's regulatory and technical framework



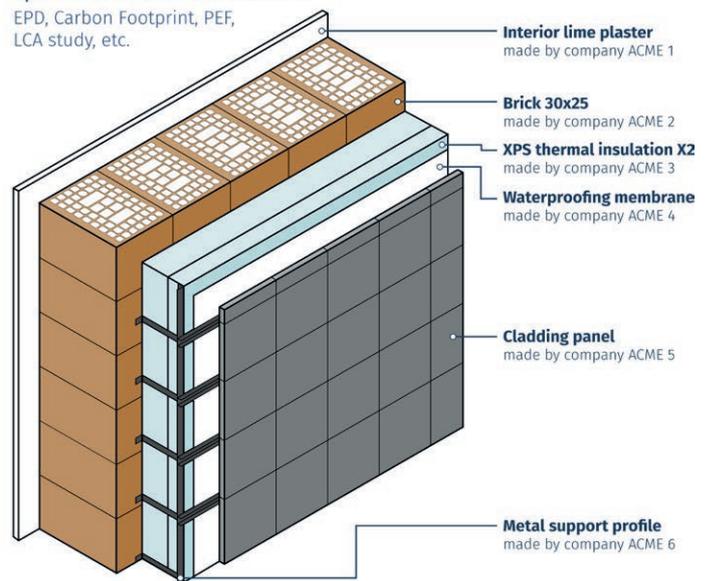
03 |



Early design BASIC METHOD generic data and information



Detailed design ADVANCED METHOD specific data and information



tion, Carbon Footprint, ecc.).

Entrambi i metodi sono applicabili a un numero elevato di tipologie edilizie che comprendono manufatti residenziali, destinati al terziario e ai servizi, opere temporanee, infrastrutture, ecc., la cui valutazione avviene attraverso la scomposizione in elementi tecnici e di impianto.

DEC50 ha inoltre indagato alcuni aspetti specifici connessi alla valutazione dell'EC dei manufatti edilizi, al fine di armonizzare la metodologia agli standard internazionali.

La ricerca ha, ad esempio, approfondito il tema della durata del ciclo di vita di un manufatto, proponendo uno scenario temporale di riferimento, che varia in relazione alla tipologia di ma-

nufatto (Dodd *et al.*, 2017; BSI, 2016).

Un altro aspetto ha riguardato il processo di normalizzazione dei valori di EC. L'OC è di norma determinata rispetto al metro quadrato di superficie climatizzata ed espressa in emissioni di CO₂eq all'anno (tCO₂eq/m²^anno); di conseguenza, per poter effettuare una valutazione WLC è necessario che anche l'unità con cui si valuta l'EC sia la stessa. Sono state pertanto stabilite alcune opzioni di normalizzazione, variabili a seconda della tipologia di manufatto considerato.

Sono stati inoltre studiati e classificati database e fogli di calcolo, da cui reperire valori generici o specifici per le valutazioni dell'EC.

Environmental Product Declaration, Carbon Footprint, etc.) or the building is under execution.

Both methods apply to a large number of building types that include residential buildings, buildings intended for tertiary, temporary works, infrastructures, etc., overall evaluated through the classification into technical systems and services.

At the same time, the research investigated some aspects related to building and EC accounting metrics to harmonise the methodology with the standards and technical documents taken as references.

The first aspect concerns the reference study period of the WLC assessment. Significantly, the reference study period does not necessarily match a building's actual or potential lifecycle, which can be either shorter or longer. The methodology states the period (years).

The number depends on the intended use and refers to some scientific references (Dodd *et al.*, 2017; BSI, 2016).

A further aspect of the investigation refers to the EC values normalisation process. The OC is usually determined as a value normalised over the square metre of gross heated area. It is stated in CO₂eq emissions per year (tCO₂eq/m²^year); consequently, the EC is also calculated with the same unit for an overall assessment. Furthermore, DEC50 proposes some normalisation options, depending on the type of building analysed. Several databases and spreadsheets have been collected and classified according to EC accounting methods – basic or advanced – referring to generic or specific values.

Finally, DEC50 highlights some potential difficulties in the EC accounting process. While the production (A1/

A3) is a straightforward calculation stage due to a large number of databases, including open sources, and the OC can be calculated through energy simulation tools, the remaining stages: construction (A4/A5) use (B1/B5) and end-of-life (C1/C4) are frequently characterised by a higher level of uncertainty due to the unavailability of information.

Calculation procedures

The second part of DEC50 has defined, for the basic and advanced method, from stage A1 to stage C4, the procedures to account for EC and evaluate WLC.

The calculation procedure includes specific issues such as the services EC evaluation, the biogenic calculations – Carbon Sequestration (CS) – and the CO₂ absorption (uptake) in cement-based products – also known as Car-

bon Uptake (CU).

This has encompassed the technical-scientific references to deepen the mentioned aspects: Technical Specifications (TS) and Technical Memorandum (TM).

The EC calculation of the different stages of the building's lifecycle and the WLC assessment is explained below, highlighting some specific aspects concerning materials and services.

Production (A1/A3)

The production stage (A) concerns three modules, i.e., raw resources supply (A1), transport to the production site (A2), and manufacture of the semi-finished or finished product (A3).

DEC50 reports calculating the production stage (EC_{A1-A3}) as the sum of the EC of the three modules, whose impact is mainly influenced by the type of energy resource (fossil vs. renewable)

Infine, DEC50 ha definito dei requisiti minimi di prestazione dell'EC e dell'OC, che comprendono: la fase di produzione (A1/A3), che può essere valutata utilizzando database, anche *open source*, e la fase operativa (B6) desumibile da strumenti di simulazione energetica. Le restanti fasi di costruzione (A4/A5), uso (B1/B5) e fine vita (C1/C4) poiché connotate da un livello di incertezza maggiore, sono da contabilizzare in relazione alla disponibilità di informazioni.

Procedure di calcolo La seconda parte della ricerca ha definito, in conformità al metodo base e avanzato, le procedure di contabilizzazione dell'EC e di valutazione della WLC: dalla fase A alla fase C. Sono stati inclusi calcoli specifici come, la valutazione dell'EC degli impianti, la determinazione della componente biogenica – *Carbon Sequestration (CS)* – e lo studio dell'assorbimento di CO₂ nei prodotti a base cemento – *Carbon Uptake (CU)*. Ne è conseguito un approfondimento di riferimenti tecnico scientifici, in particolare di *Technical Specifications (TS)* e *Technical Memorandum (TM)*. Sono di seguito illustrati alcuni aspetti caratterizzanti utili al calcolo dell'EC.

Produzione (A1/A3)

L'EC della fase di produzione si ottiene aggregando le sottofasi A1/A3, ovvero, estrazione delle risorse, trasporto al sito produttivo e realizzazione del semilavorato o prodotto finito. L'impatto della fase di produzione (EC_{A1-A3}) è dunque da intendere come il risultato della somma delle tre sottofasi, influenzato dalla tipologia di risorsa energetica (fossile vs rinnovabile) e

and the raw material (e.g., CO₂ emission by cement calcination process). DEC50 also proposes more options for determining EC_{A1-A3}. It recommends using the so-called Bill-of-Quantities (BoQ). This approach means studying the actual amounts of materials and products delivered to the construction site, including waste produced by construction works and surpluses (materials acquired but not used in building construction). The EC_{A1-A3} is thus determined by multiplying the BoQ data by the corresponding specific emission factors.

Costruzione (A4/A5)

Module EC_{A4} accounts for the materials and products transported to the construction site. The calculation procedure needs information on the types of vehicles and the distances travelled. Module EC_{A5} – instead – analyses the

emissions of all those operations carried out on-site with the support of specific types of equipment. The calculation procedure uses SCAB (South Coast Air Basin fleet average emission factors) (AQMD, 2023). Such a reference is effective for different off-road diesel-powered vehicles. Instead, a specific emission coefficient is required for cars powered by Electric Energy, depending on the national energy mix adopted (ISPRA, 2022).

Use (B1/B5)

The usage stage (B) includes five modules, between B1 and B5, associated with the EC indicator; the remaining modules – B6 and B7 – are, instead, calculated as OC. Module EC_{B1} analyses the CO₂eq impact due to the use of materials and services regarding the reference study period. OC impact is not included in this mod-

della materia prima (ad esempio il processo di calcinazione del cemento che rilascia elevate quantità di CO₂).

DEC50 propone più opzioni per la contabilizzazione dell'EC_{A1-A3}, tra cui una riferita alla *Bill-of-Quantities (BoQ)*, ovvero, i materiali e prodotti effettivamente conferiti al cantiere, da cui si genereranno rifiuti delle attività di costruzione ed eccedenze (intese come risorse acquisite ma non impiegate nella realizzazione del manufatto). L'EC_{A1-A3} si determina moltiplicando i dati della BoQ per i fattori di emissione specifica corrispondenti.

Costruzione (A4/A5)

La sottofase EC_{A4} studia le operazioni di trasporto di materiali e prodotti al cantiere. La procedura di calcolo necessita pertanto di informazioni relative alle tipologie di mezzi e alle distanze percorse.

La sottofase EC_{A5} verifica, invece, le emissioni di tutte quelle operazioni svolte in cantiere, tramite l'ausilio di mezzi dedicati. Il procedimento di calcolo si avvale di fattori di emissione specifica (AQMD, 2023), applicabili a differenti tipologie di mezzi (*off-roads*) alimentati a gasolio. Mentre, per i mezzi alimentati a Energia Elettrica (*EE*) si raccomanda l'utilizzo del coefficiente di emissione specifica, in funzione del mix energetico nazionale (ISPRA, 2022).

Uso (B1/B5)

La fase d'uso (B) contempla cinque sottofasi, comprese tra B1 e B5, associate all'indicatore EC; le sottofasi (B6 e B7) sono, invece, oggetto di verifica come OC.

L'EC_{B1} analizza l'impatto in termini di CO₂eq dovuto all'uso degli elementi tecnici e di impianto, in relazione allo scenario

ule. It follows that CO₂eq accounting refers to greenhouse gas releases matched to refrigerant gases used for the services or caused by paints and foams; CO₂ uptake in cement-based products (CU) or by some types of finishes and attributed to the chemical phenomenon of carbonation; CO₂ compensation (CO_S) due to vegetation (e.g. living wall system) or other capture technologies.

The DEC50 research states that the maintenance (B2) and repair (B3) modules – materials and services preservation, conservation, and restoration – can be accounted for according to building features and calculated as a single contribution.

Module EC_{B4} analyses the operations of replacement and reinstallation of the building's complete technical or service elements.

Module EC_{B5} is matched to building renovation and to the correspond-

ing CO₂eq emissions. This operation marks a significant change in the building's shape and volume. Therefore, it must be assumed as essentially different from the replacement module (B4). The calculation of EC_{B5} thus represents a sum of other modules ranging from production and construction (A) to demolishing parts of the previously existing building.

End of Life (C1/C4)

The end-of-life stage (C) represents one of the most unpredictable accounting processes. It involves assessing the EC of modules C1, C2, C3, and C4 in a time scenario far from the design stage. Particularly, DEC50 has highlighted two critical aspects of accounting.

The first question concerns module C1, which corresponds to the emission assessment of demolition operations.

temporale di riferimento. In particolare, il processo di contabilizzazione si riferisce a: 1) emissioni di CO₂ imputabili all'impiego di vernici, di gas refrigeranti negli elementi di impianto, ecc.; 2) assorbimenti di CO₂ (carbonatazione) da parte di alcune tipologie di finiture e prodotti a base cemento (CU); 3) compensazioni di CO₂ (CO_S) dovute a tecnologie vegetali (es. *Nature Based Solutions*).

Nella ricerca DEC50 si è stabilito che le sottofasi di manutenzione (B2) e riparazione (B3) – riconducibili ad attività di protezione, conservazione e ripristino degli elementi tecnici e di impianto – siano valutate come un singolo contributo: EC_{B2-B3}. L'EC_{B4} contabilizza, invece, le operazioni di sostituzione e reinstallazione di interi elementi tecnici o di impianto dell'edificio. Infine, lo studio dell'EC_{B5}, stima le emissioni dovute ai processi di ristrutturazione. Tale operazione è da intendersi come una variazione significativa delle caratteristiche morfologiche e volumetriche del manufatto edilizio e, pertanto, non equiparabile alla fase di sostituzione (B4). Il calcolo dell'EC_{B5} rappresenta quindi una sommatoria di fasi: dalla produzione e costruzione (A) alla demolizione di porzioni di manufatto preesistenti (C).

Fine Vita (C1/C4)

Il fine vita (C) rappresenta una fase particolarmente complessa della procedura di calcolo. Si tratta di stimare uno scenario potenziale di demolizione del manufatto, una volta esaurita la fase operativa. Il fine vita di un manufatto è infatti da contabilizzare al termine dello scenario temporale di riferimento (vale a dire dopo 50, 60 anni) e può incidere significativamente sul calcolo dell'EC.

These operations may happen in different periods of the building's life-cycle, such as pre-construction (A5), ordinary and extraordinary maintenance (B2/B5), and deconstruction (C1). Therefore, DEC50 has defined the EC_{C1} as a sum of several EC contributions by one or more previously mentioned modules. The second aspect deals with modules C3 and C4. They define and assess construction and demolition waste treatment and disposal. These modules may significantly affect EC accounting at the end of the reference study period (e.g., after 50 or 60 years). DEC50 has thus stated two assessment scenarios: 1) landfilling 100% of the waste; 2) delivering 30% of the waste to landfill and 70% to recycling processes. The latter scenario meets the European Commission's 2030 circularity targets (COM, 2020). Both scenarios use

specific emission factors set up by the Business, Energy & Industrial Strategy Department (BEIS, 2022) to account for the EC_{C3-C4}. Even with the uncertainties associated with assessing an impact that will occur in the future, module C2 is less complex to evaluate than those described above because EC_{C2} accounts for emissions of transport activities to waste treatment or disposal sites. DEC50 establishes the use of the accounting procedure described in EC_{A4}.

WLC (A/C)

The WLC building assessment is the result of the EC and OC contributions, obtained according to the following formula:

$$WLC = \sum_{j=1}^n \frac{[EC_{A1-A3j} + (-CS_{A1-A3j}) + EC_{A4j} + EC_{A5j}] + [EC_{B1j} + (-CO_{S_{B1j}}) + (-CU_{B1j}) + EC_{B2-B3j} + EC_{B4j} + EC_{B5j}] + (OC_{B6j} + OC_{B7j}) + [EC_{C1j} + EC_{C2j} + EC_{C3-C4j} + (CS_{C3-C4j}) + (-CU_{C3-C4j})]}{(kgCO_2eq)}$$

La contabilizzazione della maggior parte delle sottofasi si ottiene con fattori di emissione specifica, ricavati da alcune fonti (BEIS, 2022).

Nella sottofase C1, si richiede di contabilizzare le emissioni dei processi di demolizione. Tali attività, in realtà, possono interessare diverse fasi del ciclo di vita del manufatto edilizio, riconducibili a interventi preliminari la costruzione (A5), e la manutenzione ordinaria e straordinaria (B2/B5). Il risultato finale (EC_{C1}) è pertanto da intendere come una sommatoria di più contributi di EC in cui la sottofase C1 si ripete.

La sottofase C2 contabilizza le emissioni dovute al trasporto dei rifiuti al sito di trattamento o smaltimento finale. La metodologia è identica a quella descritta per la sottofase EC_{A4}.

Per le sottofasi C3 e C4, si prevede di definire le modalità di trattamento e smaltimento dei rifiuti, che derivano dalle attività di demolizione. DEC50 ha definito due scenari, così organizzati: 1) conferimento del 100% dei rifiuti in discarica; 2) conferimento del 30% dei rifiuti in discarica e la restante porzione (70%) a processi di riciclo. Lo scenario 2 è conforme agli obiettivi di recupero previsti dalla Commissione Europea per il 2030 (COM, 2020).

WLC (A/C)

La valutazione WLC di un manufatto edilizio è il risultato dei contributi EC ed OC, così ottenuto:

$$WLC = \sum_{j=1}^n \frac{[EC_{A1-A3j} + (-CS_{A1-A3j}) + EC_{A4j} + EC_{A5j}] + [EC_{B1j} + (-CO_{S_{B1j}}) + (-CU_{B1j}) + EC_{B2-B3j} + EC_{B4j} + EC_{B5j}] + (OC_{B6j} + OC_{B7j}) + [EC_{C1j} + EC_{C2j} + EC_{C3-C4j} + (CS_{C3-C4j}) + (-CU_{C3-C4j})]}{(kgCO_2eq)}$$

Where:

EC (from A1 to C4) = contribution of all materials and products, plants, transport equipment, and equipment used in the building's life cycle

OC (from B6 to B7) = emissions due to the building's operations

CS (A) = CO₂ storage/absorption of wood-based products used in the building

CO_S (B1) = CO₂ absorption of green solutions

CS (from C3 to C4) = CO₂ storage/emission of wood-based waste from demolition activities

CU (B) = CO₂ absorption of cement-based products used in the building

CU (from C3 to C4) = CO₂ absorption of cement-based waste from demolition activities

Table 1 summarises the accounting methodology for the building's life cycle

stages and modules. It also indicates when the values of EC are ascribed to CO₂eq emissions only, and when they are referred to as CO₂ released, stored and absorbed (i.e., wood-based and cement-based products) and offset.

Conclusions

The methodological aspects and the calculation procedures proposed by DEC50 are still characterised by some uncertainties ascribed to the availability of information and calculation tools. Nevertheless, according to appropriate metrics, the outcomes return a robust and consistent methodology for the building's Carbon Footprint assessment. DEC50 states the data sources and the calculation procedures, stage by stage and module by module.

DEC50 contributes to the comparison of programmes and scientific outcomes on the topic of WLC in other

Dove:
 EC (da A1 a C4) = contributo di tutti i materiali e prodotti, elementi di impianto, mezzi di trasporto e attrezzature utilizzati nel ciclo di vita del manufatto edilizio
 OC (da B6 a B7) = emissioni dovute al funzionamento del manufatto edilizio
 CS (A) = stoccaggio/assorbimento di CO₂ in prodotti a base legno utilizzati nel manufatto edilizio
 CO_S (B) = assorbimento di CO₂ delle soluzioni vegetate

CS (da C3 a C4) = stoccaggio/emissione di CO₂ in rifiuti a base legno prodotti da attività di demolizione
 CU (B) = assorbimento di CO₂ in prodotti a base cemento utilizzati nel manufatto edilizio
 CU (da C3 a C4) = assorbimento di CO₂ dei rifiuti a base cemento prodotti da attività di demolizione.

La tabella 1 riassume le metodologie di contabilizzazione delle diverse fasi del ciclo di vita di un manufatto, indicando quando i valori di EC sono riconducibili alle sole emissioni di CO₂e quando sono riferite sia a rilasci sia a stoccaggi/compensazioni

Tab. 01 |

Stages	Modules	Type of EC	Accounting methodology
Production and Construction (A)	Raw material supply (A1)	Released	Unit values of EC are multiplied by the total amount of material required by building's project. The unit value of EC is available as generic data from databases or as specific data such as EPD, Carbon Footprint, etc.
	Trasport to production site (A2)	Stored	
	Manufacturing (A3)		
	Transport to construction site (A4)	Released	
	Construction (A5)	Released	Diesel consumed by equipment is multiplied by its specific emission factors (AQMD, 2023), while electricity consumed is multiplied by other emission factors (ISPRA, 2022).
Use (B)	Use (B1)	Released	Total amount of refrigerant gas and other greenhouse gas emission released by building services or other technical elements are multiplied by EC value. CO ₂ removals and offsets are evaluated for wood-based and cement-based products such as capture materials (e.g., paints).
		Removed	
		Offsetted	
	Maintenance (B2) Repair (B3)	Released	
	Replacement (B4)	Released Stored Removed	
Refurbishment (B5)	Released Stored Removed	Same procedure as <i>Production</i> (A1/A5), <i>Use</i> (B1/B4), and <i>End-of-Life</i> (C1/C4).	
End-of-Life (C)	Deconstruction (C1)	Released	Same procedure as <i>Construction</i> (A5).
	Transport to waste processing site (C2)	Released	Same procedure as <i>Transport to construction site</i> (A4).
	Waste processing (C3)	Released	Scenario 1 (100% landfill) and scenario 2 (70% recycling and 30% landfill) are set up to evaluate the EC.
	Final disposal (C4)	Stored Removed	
			Total amount of building and construction waste (produced in stage A5, B2/B5, and C1) is multiplied by its specific emission factors (BEIS, 2022).

di CO₂ associati alle componenti biogeniche (*stored and offsetted*) o a processi di assorbimento (*removed*).

Conclusioni

Pur consapevoli che gli aspetti metodologici e le procedure di calcolo proposte dalla ricerca DEC50 sono contraddistinte da alcuni limiti, imputabili alla disponibilità di informazioni e degli strumenti di verifica, vi è però da evidenziare che il risultato conseguito restituisce a livello nazionale una metodologia organica di determinazione dell'*Embodied Carbon* di un manufatto.

DEC50 contribuisce al confronto tra programmi condotti sul tema WLC in altri paesi europei e può costituire uno dei riferimenti per l'attuazione dei requisiti della Direttiva EPBD.

La scomposizione di DEC50 secondo due metodi consente un'applicabilità pressoché completa nella versione avanzata, poiché l'origine dei dati è costituita da EPD o da eventuali altre certificazioni ambientali disponibili. Nel caso, invece, del metodo base, associato a condizioni preliminari di progettazione, apparentemente più semplici, il reperimento dei dati per la contabilizzazione dell'EC e la valutazione WLC è da ritenere più complessa. L'assenza di una banca dati nazionale, a differenza di altri Paesi limita le potenzialità di applicazione.

Vi è però da rilevare che sono in corso studi, i cui esiti possono condurre alla messa a punto di una banca dati nazionale, o all'adattamento di una banca dati straniera.

La ricerca DEC50 è stata presentata in ambito UNI (Commissione UNI/CT 058: Città, comunità e infrastrutture sostenibili), che ha deciso di condividerne alcuni aspetti metodologici.

Nel periodo compreso tra il 2023 e il 2025 GBC ha programma-

European countries, and can be one of the references for implementation of EPBD Directive requirements. At the national level, DEC50 establishes one of the first approaches for the building's EC. Sources are available for processing and calculation procedures for almost all the building's lifecycle stages. The DEC50 two-method approach allows almost complete applicability in the advanced model, since EPDs or other available environmental certifications are the data source. On the other hand, although it is associated with apparently more straightforward design preconditions, the data retrieval for EC accounting and WLC assessment in the basic method is more complicated. Unlike in other Countries (e.g., INIES in France; Inventory of Carbon and Energy (ICE) in Great Britain; Ökobaudat in Germany), the lack of a national database limits the

potential for application and dissemination of the methodology.

However, it should be noted that studies by some stakeholders are ongoing, whose outcomes may lead to developing a national database or to adapting a foreign database.

The DEC50 research has been presented within UNI (UNI/CT 058 Commission: Sustainable cities, communities, and infrastructures), which decided to share some methodological aspects.

In the period between 2023 and 2025 GBC planned to apply the methodology to case studies. It is intended to understand any weaknesses in the calculation procedures and, consequently, the necessary feedback and corrective actions.

In addition, it is planned to define the benchmark values of EC and WLC, fit for the future buildings' environmental

to di applicare la metodologia a una serie di casi di studio per comprendere gli eventuali limiti delle procedure di calcolo e, di conseguenza, definire le necessarie azioni correttive.

Si prevede, inoltre, di definire dei valori *benchmark* di EC e di WLC, utili a future classificazioni energetico ambientali dei manufatti edilizi, suddivisi in relazione alla destinazione d'uso e in relazione e alla tipologia di intervento (ad esempio, edifici nuovi e in ristrutturazione).

Infine, vi è l'intenzione di estendere l'attività di ricerca, studiando la fase "Oltre il ciclo di vita (D)", che consentirà di stabilire e sviluppare le connessioni tra transizione energetica, decarbonizzazione ed economia circolare, includendo le strategie di riuso e di riciclo, le soluzioni di compensazione attraverso il ricorso a fonti rinnovabili, le tecnologie di confinamento geologico dell'anidride carbonica (*Carbon Capture and Storage*) e lo stoccaggio della CO₂ mediante vegetazione.

ATTRIBUZIONE, RICONOSCIMENTI, DIRITTI D'AUTORE

La ricerca è stata finanziata da GBC Italia, nell'ambito del Progetto Europeo #BuildingLife.

Gli autori desiderano ringraziare il personale GBC Italia per il supporto fornito nello svolgimento del progetto e i membri del Gruppo di Lavoro per la collaborazione allo sviluppo della metodologia di valutazione WLC.

L'articolo è scritto in parti uguali dagli autori.

REFERENCES

Andreotti, J. and Giordano, R. (2023), "Strumenti per la decarbonizzazione: contabilizzazione dell'Embodied Carbon nel ciclo di vita di un manufatto edilizio", available at: www.gbcalia.org/area-download/roadmap/ (accessed 27 April 2023).

energy ratings, according to uses and construction typology (for instance, new installations or services under renovation).

Finally, a potential outlook is to extend the research activity, studying the "Beyond the life cycle (D)" stage. The latter is a particularly challenging issue as it will allow to find and develop the connections between energy transition, decarbonisation, and circular economy. Namely, reuse and recycling strategies, compensation solutions through renewable sources, carbon dioxide geological confinement technologies (Carbon Capture and Storage) and CO₂ storage through vegetation.

ATTRIBUTION, RECOGNITION, CREDITS, COPYRIGHT

GBC Italia funded the research as part of the European Project #BuildingLife. The authors would like to thank the

GBC Italia staff for their support in carrying out the project and all the working group members for the collaboration in developing the EC accounting and WLC assessment methodology.

The article is written in equal parts by the authors.

- British Standards Institution (2016), “Carbon Management in Infrastructure”, available at: www.knowledge.bsigroup.com/products/carbon-management-in-infrastructure/standard (accessed 22 February 2023).
- Commissione Europea (2020), “COM(2020) 98 final: Un nuovo piano d’azione per l’economia circolare Per un’Europa più pulita e più competitiva”, available at: www.eur-lex.europa.eu (accessed 24 February 2023).
- Commissione Europea (COM) (2021), “COM(2021) 802 final: Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council on the Energy Performance of Buildings (recast) – EPBD”, available at: www.eur-lex.europa.eu (accessed 23 February 2023).
- Department for Business, Energy & Industrial Strategy (BEIS) (2022), “Greenhouse gas reporting: conversion factors 2022”, available at: www.gov.uk/government/publications/greenhouse-gas-reporting-conversion-factors-2022 (accessed 25 February 2023).
- Dodd, N., Cordella, M., Traverso, M. and Donatello, S. (2017), *Level(s) – A common EU framework of core sustainability indicators for office and residential buildings*, Publications Office of the European Union, Luxembourg.
- Ente Italiano di Normazione (UNI) (2011), *Sostenibilità delle costruzioni - Valutazione della prestazione ambientale degli edifici - Metodo di calcolo* (UNI EN 15978:2011).
- Global Alliance for Buildings and Construction (GlobalABC) (2020), “GlobalABC Roadmap for Buildings and Construction: Towards a zero-emission, efficient and resilient buildings, and construction sector”, available at: www.globalabc.org/roadmaps-buildings-and-construction (accessed 22 February 2023).
- Green Building Council Italia (GBC Italia) (2022), “Decarbonizzare il ciclo di vita dell’ambiente costruito. Roadmap italiana per raggiungere gli obiettivi climatici al 2050”, available at: www.gbccitalia.org/wp-content/uploads/2022/12/gbccitalia_roadmap_2050.pdf (accessed 22 February 2023).
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2021), *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I*, Cambridge University Press.
- Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (2021), “Rapporto 363/2022: Indicatori di efficienza e decarbonizzazione del sistema energetico nazionale e del settore elettrico”, available at: www.isprambiente.gov.it/files2022/pubblicazioni/rapporti/r363-2022.pdf (accessed 23 February 2023).
- Pomponi, F. and Moncaster, A. (2019), “Scrutinising embodied carbon in buildings: The next performance gap made manifest”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 81, n. 2, pp. 2431-2442.
- South Coast Air Quality Management District (South Coast AQMD) (2023), “Off-road Mobile Source Emission Factor (Scenario Years 2007 – 2025)”, available at: www.aqmd.gov/home/rules-compliance/ceqa/air-quality-analysis-handbook/off-road-mobile-source-emission-factors (accessed 23 February 2023).
- Unione Europea (2021), “Regolamento (UE) 2021/1119: Normativa europea sul clima”, available at: <https://eur-lex.europa.eu> (accessed 22 February 2023).
- World Green Building Council (WBG) (2022), “Advancing Net Zero Status Report”, available at: www.worldgbc.org/advancing-net-zero/ (accessed 28 February 2023).

Francesco Incelli¹, <https://orcid.org/0000-0003-1818-4293>

Massimo Rossetti², <https://orcid.org/0000-0002-1392-956X>

¹ Scuola di dottorato, Tecnologie verdi, Università luav di Venezia, Italia

² Dipartimento di Culture di Progetto, Università luav di Venezia, Italia

fincelli@iuav.it

rossetti@iuav.it

Abstract. Questo contributo illustra i risultati della ricerca “Thermo-Electric Photovoltaic Panel” condotta dall’Università luav di Venezia in collaborazione con quattro aziende. La ricerca ha preso in esame un nuovo dispositivo che combina le proprietà fotoelettriche dei pannelli fotovoltaici con quelle delle celle termoelettriche per aumentare l’efficienza della produzione di energia. Questa tecnologia è in grado di sfruttare lo scambio termico per produrre energia in assenza di radiazione solare e rappresenta un significativo miglioramento della tecnologia dei pannelli fotovoltaici e delle celle termoelettriche. La ricerca ha inoltre verificato la fattibilità della tecnologia e individuato proposte per il suo utilizzo negli involucri architettonici e nel settore dei trasporti.

Parole chiave: Pannello fotovoltaico termoelettrico; Involucro edilizio; Facciata integrata; Architettura circolare.

Stato dell’arte

Caratteristiche della tecnologia fotovoltaica

La tecnologia fotovoltaica converte l’energia solare in elettricità attraverso l’effetto fotovoltaico, in cui i semiconduttori opportunamente “drogati” generano elettricità quando sono esposti alla radiazione solare (Belsky *et al.*, 2022). Tuttavia, questa tecnologia presenta alcuni svantaggi, tra cui l’intermittenza nella produzione di energia dovuta alla variabilità della fonte solare. Di conseguenza, la tecnologia fotovoltaica viene spesso combinata con altri sistemi di energia rinnovabile, come l’energia eolica, per garantire una produzione di energia più costante. (Sikula and Krejci, 2022). In questo contesto, il progetto di ricerca si è basato sul concetto di combinare la conversione fotovoltaica con altri sistemi di conversione energetica, inserendo una fonte di energia alternativa direttamente nel pannello fotovoltaico invece di installare un sistema separato; il risultato ottenuto è chiamato “pannello fotovoltaico termoelettrico”.

Photovoltaic Thermo-Electric (PTE) panel: a *low-tech* approach for the energy transition in Architecture

Abstract. This paper presents the results of the “Thermo-Electric Photovoltaic Panel” research conducted by Università luav di Venezia in partnership with four companies. The research examined a new device that combines the photoelectric properties of photovoltaic panels with those of thermoelectric cells to increase the efficiency of energy production. This technology exploits heat exchange to produce energy in the absence of solar radiation, and marks a significant improvement in photovoltaic panel and thermoelectric cell technology. The research also verified the feasibility of the technology, and identified proposals for its use in architectural envelopes and in the transport sector.

Keywords: Thermoelectric photovoltaic panel; Building envelope; Integrated facade; Circular architecture.

Caratteristiche del pannello PTE

Il “pannello fotovoltaico termoelettrico” (di seguito PTE da “Photovoltaic Thermo-Electric”) è costituito da due componenti distinti che lavorano insieme: il primo è il pannello fotovoltaico a celle di silicio (Mughal *et al.*, 2018) comunemente utilizzato per convertire la radiazione solare in energia elettrica; il secondo è costituito da uno strato di celle di Peltier (Enescu, 2023) opportunamente configurate per generare un potenziale elettrico sfruttando l’effetto termoelettrico, o “effetto Seebeck”, in risposta alle variazioni di temperatura tra le facce della cella.

L’effetto Seebeck

L’effetto Seebeck (Wang *et al.*, 2018) è la generazione di un potenziale elettrico quando una faccia di un materiale conduttore viene riscaldata e l’altra raffreddata (Kasap, 2018). Ciò determina una differenza di tensione, nota come “effetto Seebeck termoelettrico”. La natura reversibile di questo effetto ha portato all’invenzione del dispositivo termoelettrico chiamato “cella di Peltier” da parte di Jean Charles Athanase Peltier (Pennelli *et al.*, 2022). Il concetto di pannelli PTE combina gli effetti fotovoltaici e termoelettrici in un unico pannello, utilizzando la radiazione solare per attivare entrambi i processi. Tuttavia, affinché l’effetto termoelettrico sia sostenuto, è necessario che vi sia una differenza di temperatura tra le facce calde e fredde del pannello.

Stratigrafia dei pannelli fotovoltaici e termoelettrici

La configurazione sviluppata e testata prevedeva la seguente stratigrafia dei pannelli:

State-of-the-Art

Features of photovoltaic technology

Photovoltaic technology converts solar energy into electricity through the photovoltaic effect in which suitably ‘doped’ semiconductors generate electricity when exposed to solar radiation (Belsky *et al.*, 2022). However, this technology has some disadvantages, including intermittent energy production due to the variability of the solar source. Consequently, photovoltaic technology is often combined with other renewable energy systems, such as wind power, to ensure the consistency of energy production (Sikula and Krejci, 2022). In this context, the research project was based on the concept of combining photovoltaic conversion with other energy conversion systems by inserting an alternative energy source directly into the photovoltaic panel, instead of installing a

separate system. The result obtained is called a ‘thermoelectric photovoltaic panel’.

PTE Panel Features

The ‘photovoltaic thermo-electric panel’ (hereafter PTE from ‘Photovoltaic Thermo-Electric’) consists of two separate components working together: the first is the silicon cell photovoltaic panel (Mughal *et al.*, 2018), commonly used to convert solar radiation into electricity; the second consists of a layer of Peltier cells (Enescu, 2023) suitably configured to generate an electrical potential by exploiting the thermo-electric effect, or ‘Seebeck effect’, in response to temperature variations between the cell faces.

The Seebeck effect

The Seebeck effect (Wang *et al.*, 2018) is the generation of an electrical poten-

1. vetro protettivo esterno;
2. strato in Etilene Vinil Acetato (EVA);
3. strato della cella di silicio;
4. lastra di vetro intermedia;
5. Strato di celle di Peltier o TEG (Thermo-Electric Generator);
6. vetro protettivo all'interno.

Per la maggior parte delle valutazioni viene utilizzata questa configurazione, ad eccezione di alcune applicazioni che richiedono l'uso di materiali diversi; ad esempio, possono essere introdotte resine epossidiche e paraffine trasparenti, oppure può essere richiesta una diversa configurazione della stratigrafia del pannello con l'inclusione di cavità interne.

Metodologia e fasi della ricerca

Da un punto di vista metodologico, la valutazione della fattibilità del pannello e del suo utilizzo si è basata sui criteri di *circularità*, *modularità* e *versatilità*, definiti come segue:

- *Circularità*: la capacità del prodotto di essere facilmente riconfigurato anche con modifiche sostanziali, pur mantenendo la sua funzionalità di base, ad esempio cambiando alcuni materiali in base alle condizioni ambientali per garantire il riutilizzo attraverso più cicli di vita. (Rigamonti and Mancini, 2021).
- *Modularità*: la capacità del prodotto di essere fabbricato in moduli, anche di dimensioni diverse. (Minunno *et al.*, 2020).
- *Versatilità*: la capacità del prodotto di adattarsi a un'ampia gamma di usi, mantenendo invariata o minimamente

tial when one face of a conducting material is heated and the other is cooled (Kasap, 2018). This results in a voltage difference, known as the 'Seebeck thermoelectric effect.' The reversible nature of this effect led to the invention of the thermoelectric device called the 'Peltier cell' by Jean Charles Athanase Peltier (Pennelli *et al.*, 2022). The concept of PTE panels combines the photovoltaic and thermoelectric effects in a single panel, utilising solar radiation to activate both processes. However, for the thermoelectric effect to be sustained, there needs to be a temperature difference between the hot and cold faces of the panel.

Stratigraphy of photovoltaic and thermoelectric panels

The configuration developed and assessed had the following panel stratigraphy:

1. external protective glass;
 2. layer made of Ethylene Vinyl Acetate (EVA);
 3. layer of the silicon cell;
 4. intermediate glass pane;
 5. Peltier cell layer or TEG (Thermo-Electric Generator);
 6. protective glass inside.
- This configuration is used for most evaluations, except for some applications that require the use of miscellaneous *materials*; for example, transparent epoxy and paraffin resin may be introduced, or a different configuration of the panel stratigraphy may be required with the inclusion of internal cavities.

Methodology and research phases

From a methodological point of view, the feasibility assessment of the panel and its use was based on the criteria of *circularity*, *modularity* and *versatility*,

modificata la sua struttura o composizione di base. (ISO, 2022).

Sono stati eseguiti confronti con prodotti simili e apportate modifiche alla configurazione strutturale, tenendo conto delle caratteristiche dello studio. Le proposte sono state organizzate in quattro fasi (work packages): la ricerca delle soluzioni esistenti e la valutazione della fattibilità del pannello PTE nel WP1, workshop di progettazione e analisi SWOT nel WP2, sviluppo di soluzioni innovative e progetti dettagliati nel WP3 e prototipazione virtuale, analisi termiche e identificazione di futuri sviluppi nel WP4.

Sono stati identificati sette potenziali campi di applicazione in cui il pannello PTE può superare i pannelli fotovoltaici convenzionali:

- facciata ventilata con un substrato poroso;
- parete o tetto verde;
- superfici d'acqua (non discusse in questo documento);
- facciate in vetro ventilato e alluminio/acciaio;
- mezzi di trasporto;
- barriere antirumore (non discusse in questo studio);
- edifici industriali (non trattati in questo studio).

Risultati

L'integrazione di cavità ventilata sul retro dei pannelli a celle di Peltier viene utilizzata per ottimizzare l'effetto Seebeck e massimizzare il gradiente termico. Questi pannelli assomigliano ai pannelli fotovoltaici tradizionali, ma sono progettati specificamente per aumentare la differenza di temperatura tra gli strati della cella di Peltier. Questo aumento del gradiente termico consente all'effetto Seebeck di generare corrente aggiuntiva

defined as follows:

- *Circularity*: the ability of the product to be easily reconfigured even with substantial changes, while maintaining its basic functional features, e.g., by changing certain materials to suit environmental conditions to ensure reuse across multiple life cycles (Rigamonti and Mancini, 2021).
- *Modularity*: the ability of the product to be manufactured in modules, even of varying sizes (Minunno *et al.*, 2020).
- *Versatility*: the ability of the product to adapt to a wide range of uses, keeping its basic structure or composition unchanged or minimally modified. (ISO, 2022).

A comparison with comparable products and the necessary modifications to the typological or stratigraphic configuration of the structural elements

were conducted, taking into account the characteristics of the object studied. The evaluation and formulation of the proposals were organised into four Work Packages (WP): WP1 focused on researching and comparing existing solutions, on the production of *concepts*, and on verifying PTE panel feasibility. WP2 involved design workshops and SWOT analyses for the various applications. WP3 defined innovative solutions and detailed designs for the most efficient applications. WP4 included virtual prototyping, thermal analyses and identification of future research developments. Seven potential fields of application have been identified in which the PTE panel can outperform conventional photovoltaic panels:

- ventilated façade with a porous substrate;
- green wall or roof;

che, combinata con la conversione fotovoltaica, migliora l'efficienza complessiva del dispositivo.

Installazione su substrato poroso (ceramica o cemento) in facciata ventilata

L'approccio proposto (Fig. 1) integra il pannello PTE all'interno di un sistema di facciata ventilata, includendo uno strato di materiale poroso a contatto con la faccia fredda del pannello. Il sistema funziona come schermo anti-pioggia, raccogliendo l'umidità dell'acqua piovana e dell'aria. La ventilazione all'interno dell'intercapedine, insieme all'evaporazione dal materiale poroso (Prieto *et al.*, 2018; Theokli *et al.*, 2021) riduce la temperatura della faccia non esposta al sole, ottenendo un raffreddamento passivo attraverso la convezione e l'evaporazione. (Bakhshoodeh *et al.*, 2022; Noaman *et al.*, 2022). Questo processo trasferisce calore e dissipa energia (Bakhshoodeh *et al.*, 2022; Narayanan, 2017; Prieto *et al.*, 2018). La ventilazione impedisce la saturazione del vapore, consentendo un'evaporazione continua. L'approccio ottimizza le prestazioni dei pannelli PTE sfruttando i meccanismi di raffreddamento naturale.

Installazione su tetti o pareti verdi

Una seconda proposta vede il pannello PTE installato vicino a un tetto verde o a una superficie simile (Fig. 2). Secondo Lynn and Lynn (2020), la superficie dello strato erboso aiuta a mantenere una temperatura più bassa, anche in presenza di luce solare diretta, che può portare a un gradiente termico maggiore rispetto a una superficie più convenzionale in mattoni o pietra (Jamei, Elmira *et al.*, 2021; Ji *et al.*, 2023; Lynn and Lynn, 2020; Yazdani and Baneshi, 2021). Posizionando la faccia fredda del pannello PTE

- water surfaces (not discussed in this document);
- ventilated glass and aluminium/steel façades;
- means of transport;
- noise barriers (not discussed in this study);
- industrial buildings (not discussed in this study).

Results

The integration of ventilated cavities on the back of Peltier cell panels is used to optimise the Seebeck effect and maximise the thermal gradient. These panels resemble traditional photovoltaic panels but are specifically designed to enhance the temperature difference between the layers of the Peltier cell. This increase in thermal gradient allows the Seebeck effect to generate additional current, which, when combined with photovoltaic conversion,

improves the overall efficiency of the device.

Installation on porous substrate (ceramic or concrete) in a ventilated façade

The proposed approach (Fig. 1) integrates the PTE panel within a ventilated façade system, including a layer of porous material in contact with the panel's cold face. The system functions as a rain screen, collecting moisture from rainwater and air. Ventilation within the cavity, along with evaporation from the porous material (Prieto *et al.*, 2018; Theokli *et al.*, 2021), reduces the temperature of the non-sun-exposed face, achieving passive cooling through convection and evaporation (Bakhshoodeh *et al.*, 2022; Noaman *et al.*, 2022). This process transfers heat and dissipates energy (Bakhshoodeh *et al.*, 2022; Narayanan, 2017; Prieto *et al.*, 2018). Ventilation prevents va-

vicino alla superficie erbosa, è possibile mantenere la parte inferiore del sistema a circa 15-25°C, anche in estate. (Aboelata, 2021; Jamei, E. *et al.*, 2023; Ji *et al.*, 2023; Vaz Monteiro *et al.*, 2017) a differenza dei materiali lapidei esposti al sole, che possono raggiungere temperature di 75-80°C; l'adozione di questa configurazione offre un innegabile vantaggio termoelettrico. Sulla base dei dati preliminari raccolti, la temperatura superficiale della parte irradiata del pannello può raggiungere gli 85°C nello scenario di massima esposizione, portando a un gradiente termico tra le facce di $DT=85-15=70^{\circ}C$. Per abbassare e stabilizzare la temperatura del tetto verde, al di sotto di esso viene posizionata un'intercapedine ventilata. La figura 2 illustra l'applicazione del sistema pannello PTE/tetto verde/intercapedine ventilata in una proposta di rifacimento della copertura di un edificio in muratura.

Installazione su facciate ventilate in vetro e alluminio/acciaio

Il pannello PTE può essere utilizzato come unità di base nei sistemi di facciata ventilata, analogamente a come vengono attualmente utilizzati i pannelli fotovoltaici standard. Affinché il pannello PTE possa essere utilizzato efficacemente, il sistema deve garantire una ventilazione costante della superficie non irradiata; le facciate con un'intercapedine non ventilata ostacolerebbero l'effetto termoelettrico delle celle di Peltier. Sebbene l'uso di pannelli PTE in questa applicazione sia standard, è stata condotta un'analisi termica per determinare la migliore composizione stratigrafica dei pannelli per ottenere prestazioni ottimali. Questa analisi ha identificato le configurazioni più deboli e ha guidato la ricerca futura sui pannelli termoelettrici. I materiali e le proprietà termiche utilizzati nell'analisi sono elencati in (Tab. 1) (Çengel *et al.*, 2022).

pour saturation, allowing continuous evaporation. The approach optimises PTE panel performance by leveraging natural cooling mechanisms.

Installation on roofs or green walls

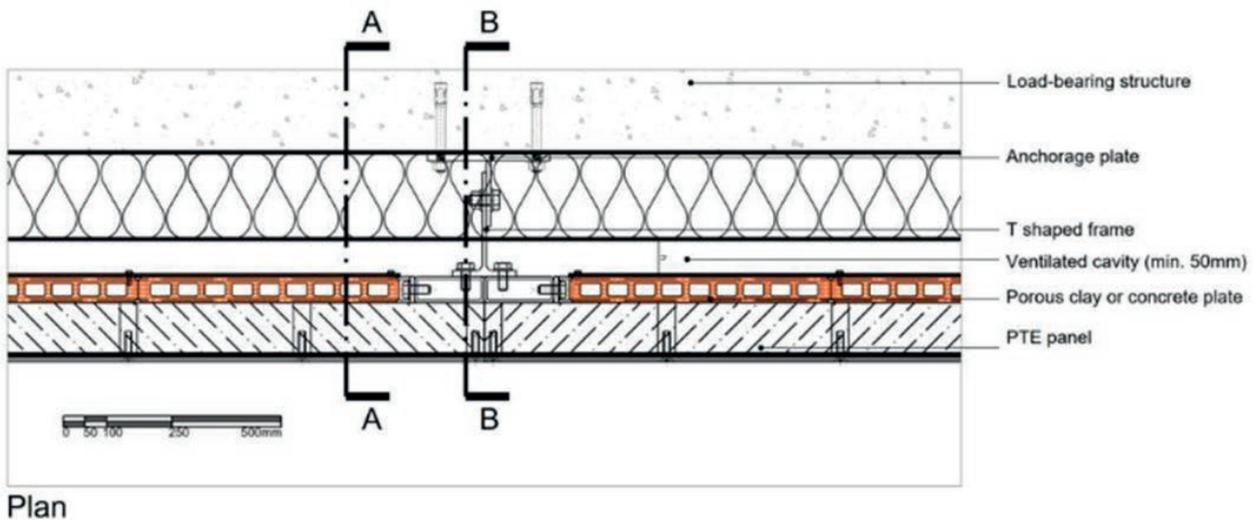
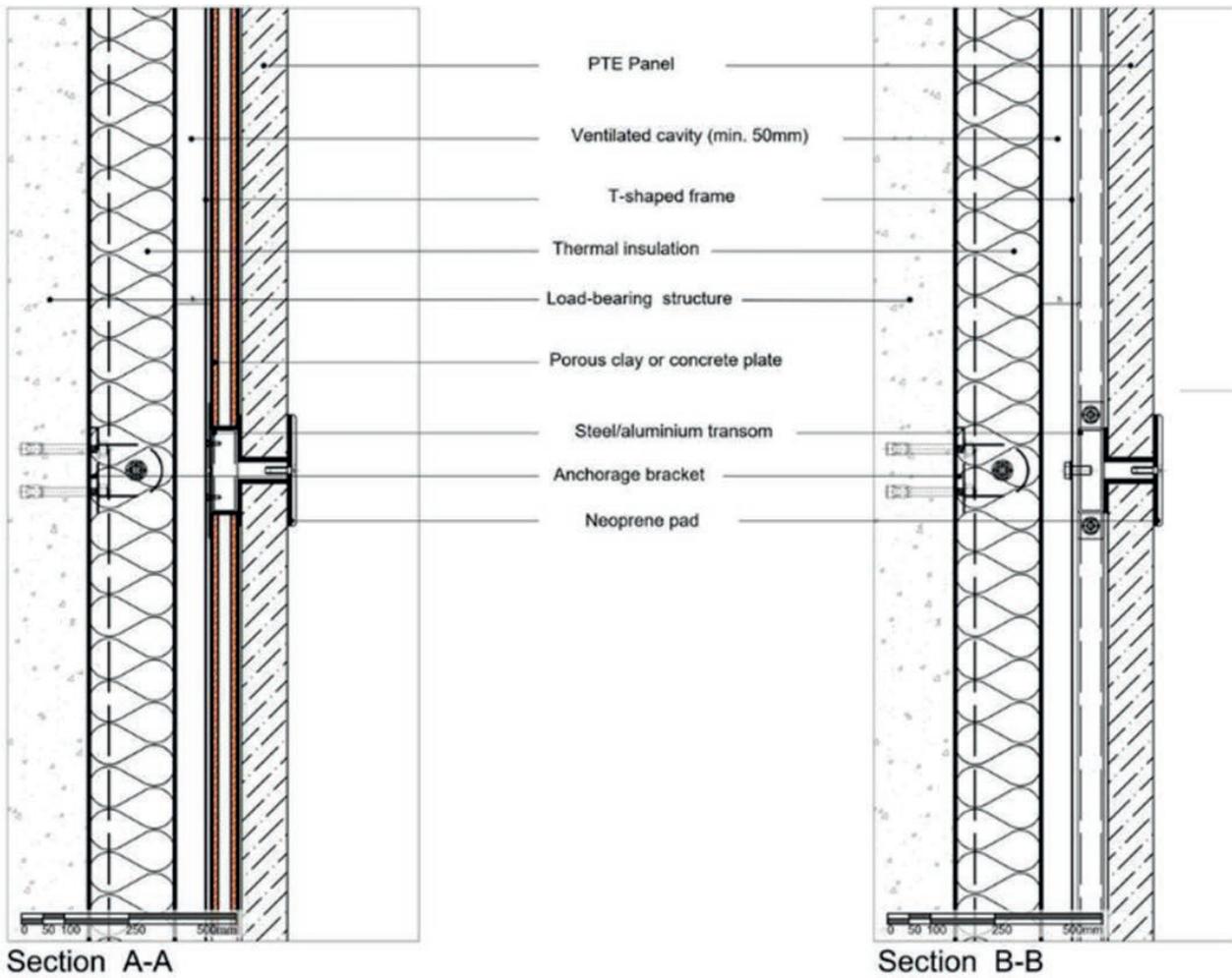
A second proposal sees the PTE panel installed close to a green roof or similar surface (Fig. 2). According to Lynn and Lynn (2020), the grassy layer surface helps maintain a lower temperature, even in the presence of direct sunlight, which can lead to a greater thermal gradient than a more conventional brick or stone surface (Jamei, Elmira *et al.*, 2021; Ji *et al.*, 2023; Lynn and Lynn, 2020; Yazdani and Baneshi, 2021). By placing the cold face of the PTE panel close to the grass surface, the lower part of the system can be maintained at around 15-25°C, even in summer (Aboelata, 2021; Jamei, E. *et al.*, 2023; Ji *et al.*, 2023; Vaz Monteiro

et al., 2017), unlike stone materials exposed to the sun, which can reach temperatures of 75-80°C. The adoption of this configuration offers an undeniable thermoelectric advantage. Based on the preliminary data collected, the surface temperature of the irradiated part of the panel can reach 85°C in the maximum exposure scenario, leading to a thermal gradient between the faces of $DT=85-15=70^{\circ}C$. To lower and stabilise the temperature of the green roof, a ventilated cavity is placed beneath it. Figure 2 illustrates the application of the PTE panel/green roof/ventilated cavity system in a proposed re-roofing of a masonry building.

Installation on glass and aluminium/steel ventilated façades

The PTE panel can be used as a basic unit in ventilated façade systems, similarly to how standard photovoltaic

01 |



Tab. 1 | Materiali e proprietà termiche utilizzati nell'analisi termica
 Materials and thermal properties used in thermal analysis

Tab. 2 | Riepilogo della temperatura delle celle fotovoltaiche e dei risultati TEG
 Summary of photovoltaic cell temperature and TEG results

Le cinque configurazioni valutate sono:

1. Strato fotovoltaico e termoelettrico a contatto con il vetro isolante rivolto verso l'intercapedine ventilata.
2. Strato termoelettrico rivolto verso l'intercapedine ventilata, separato dallo strato fotovoltaico da un doppio vetro.
3. Strati fotovoltaici e termoelettrici separati a doppio vetro.
4. Pannello senza doppio vetro, con contatto tra strato termoelettrico e fotovoltaico.
5. Pannello senza vetro di protezione posteriore, con contatto tra strato termoelettrico e fotovoltaico e celle di Peltier sigillato con pellicola impermeabile.

I risultati delle analisi termiche (Tab. 2) delle cinque stratigrafie per il pannello PTE applicato a facciate ventilate in vetro e alluminio/acciaio sono riassunti in (Fig. 3) e (Fig. 4).

L'analisi termica è stata eseguita con una temperatura costante di +17°C sulla superficie confinante con la cavità ventilata e di +85°C sulla superficie esposta al sole. Si è considerata solo la ventilazione naturale, senza convezione forzata, e l'analisi è stata stazionaria. La configurazione "d" ha mostrato il più alto gradiente termico per la cella di Peltier (3,2°C) e la temperatura più bassa (tra 49,9°C e 52°C). Per confermare i risultati, sono stati realizzati prototipi (Fig. 5) di tre diverse configurazioni di pannelli, che sono stati testati internamente da Zago S.r.l. con l'assistenza di consulenti esterni.

Prototipo 1

Il prototipo di pannello fotovoltaico include generatori termoelettrici (TEG) posizionati dietro uno strato di vetro e uno di vuoto. Le celle TEG sul retro del pannello generano fino al

panels are currently used. For the PTE panel to be used effectively, the system must ensure constant ventilation of the non-irradiated surface as façades with an unventilated cavity would hinder the thermoelectric effect of Peltier cells. Although the use of PTE panels in this application is standard, a thermal analysis was conducted to determine the best panel stratigraphic composition for optimal performance. This analysis identified the weakest configurations and guided future research into thermoelectric panels. The materials and thermal properties used in the analysis are listed in Tab. 1. (Çengel *et al.*, 2022).

The five configurations evaluated are:
 1. Photovoltaic and thermoelectric layer in contact with the insulating glass facing the ventilated cavity.
 2. Thermoelectric layer facing the ventilated cavity, separated from the

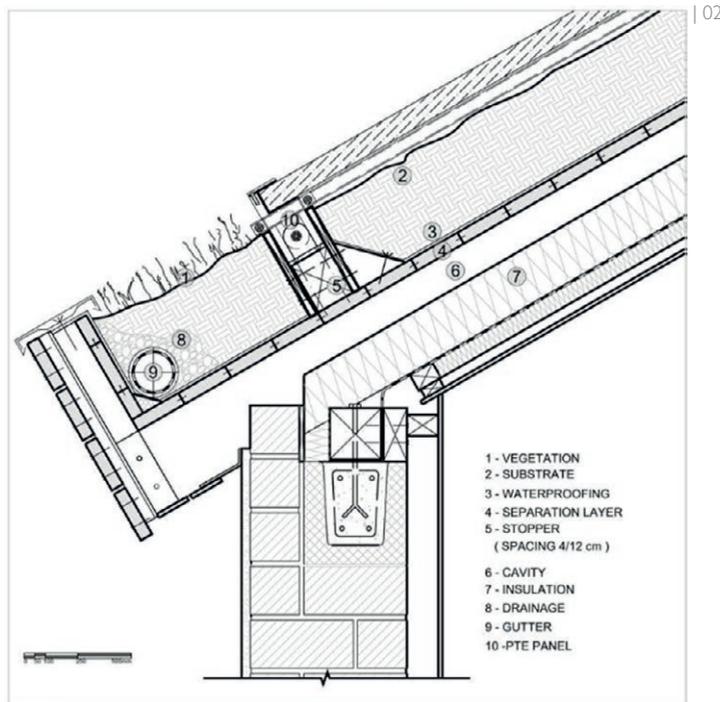
photovoltaic layer by double glazing.

3. Separate double-glazed photovoltaic and thermoelectric layers.

4. Panel without double glazing, with contact between thermoelectric and photovoltaic layers.

5. Panel without rear protective glass, with contact between thermoelectric and photovoltaic layer and Peltier cells sealed with waterproof film. The results of thermal analyses (Tab. 2) of the five stratigraphic details of the PTE panel applied to glass and aluminium/steel ventilated façades are summarised in (Fig. 3) and (Fig. 4).

The conditions for the thermal analysis were set with a constant temperature of +17°C on the surface bordering the ventilated cavity and +85°C on the surface exposed to the sun. The analysis considered only natural ventilation, without forced convection, and was



Section

15% in più di elettricità durante l'autunno/inverno. La superficie esposta al sole accumula calore, dissipato dall'aria esterna, mentre le celle TEG convertono il calore in energia. L'uso del vetro migliora l'efficienza dei TEG. Il prototipo offre una soluzione efficiente per massimizzare i rendimenti fotovoltaici e termoelettrici.

Prototipo 2

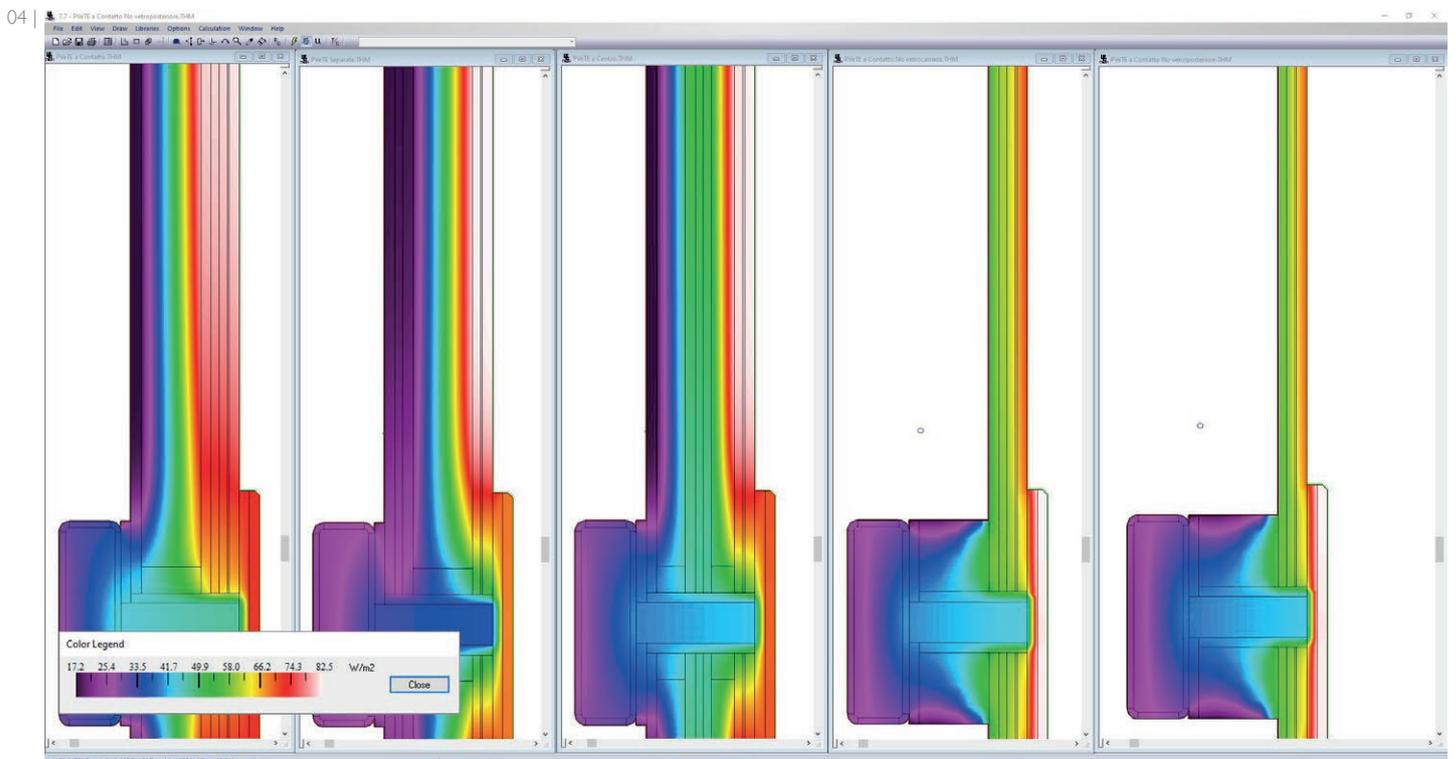
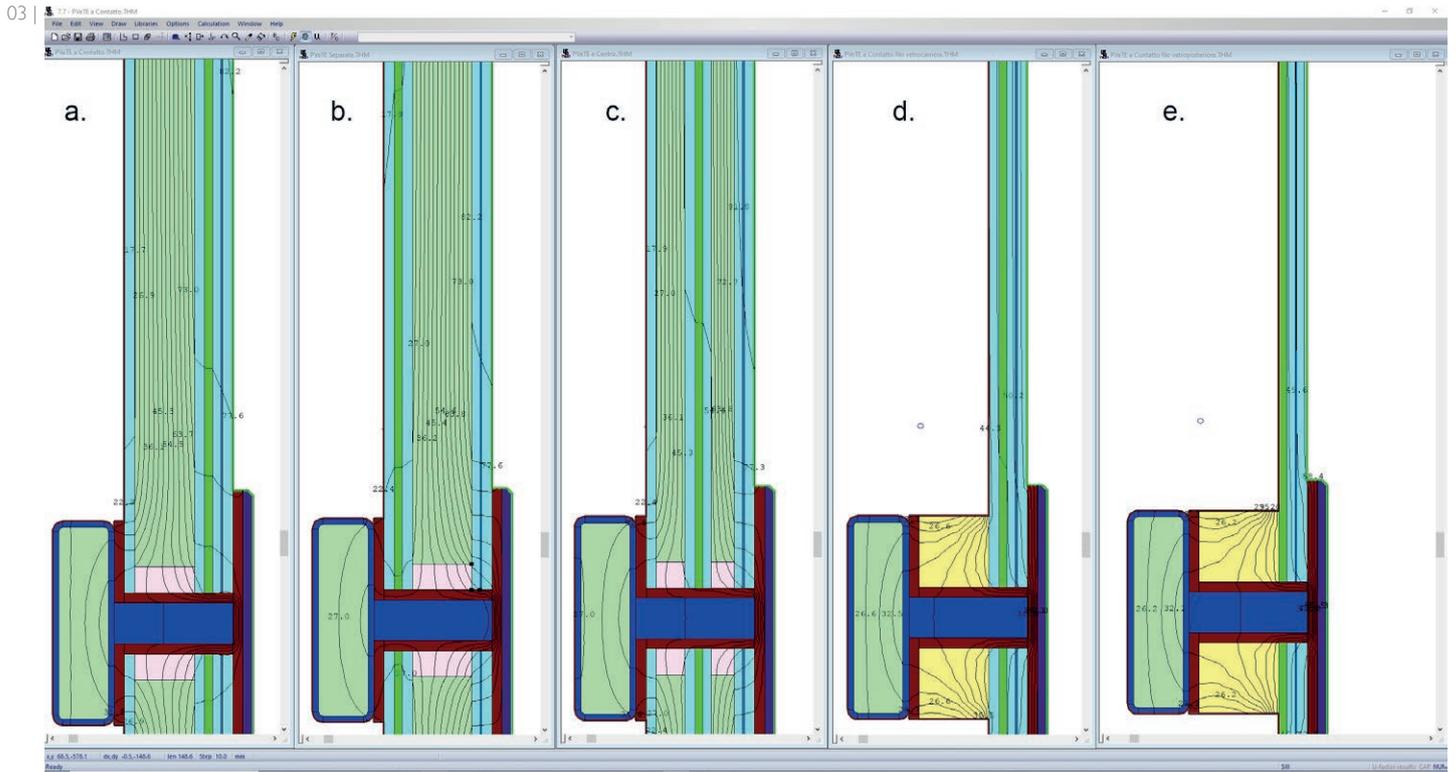
Un secondo prototipo è stato sviluppato per migliorare ulteriormente il dispositivo, racchiudendo sia il pannello fotovoltaico che lo strato di celle Peltier in un'unica camera di vetro riempita di gas inerte per creare un vuoto simulato. Anche i TEG sul lato freddo sono stati collocati nella stessa camera del pannello fo-

Materiale	Colore nel modello di simulazione		Conduttività termica (W/mK)		Emissività
	simulazione	termica (W/mK)	simulazione	termica (W/mK)	
Vetro (spessore variabile 5/3 mm)		1.4		1.4	0.84
Acciaio		45		45	0.2
Silicio (celle fotovoltaiche di 0,3 mm di spessore)		148		148	0.75
Bi-Sn (spessore cella di Peltier 3,9 mm)		30		30	0.9
Silicone (sigillante)		0.35		0.35	0.9
Neoprene (antiurto)		0.23		0.23	0.9

Risultati	a.	b.	c.	d.	e.
Differenza di temperatura tra le facce della cella di Peltier (DT)	0.4°C	0.5°C	0.6°C	3.2°C	1.9°C
Temperatura Celle fotovoltaiche	82°C	82.5°C	82.5°C	52°C	49.9°C

03 | Diagrammi lineari dell'isoterma che mostrano il gradiente di temperatura attraverso le diverse configurazioni
Isotherm line diagrams showing the temperature gradient across different configurations

04 | Diagrammi in scala di colore che mostrano il gradiente di temperatura di diverse configurazioni
Colour scale diagrams showing the temperature gradient of different configurations



tovoltaico. Tuttavia, questo prototipo non ha ottenuto le stesse prestazioni del primo, poiché la superficie esposta al sole del pannello non può dissipare il calore a causa del foglio esterno che la incapsula, e le celle TEG sul lato posteriore richiedono un incapsulamento in vetro più freddo per trasformare efficacemente il calore del lato caldo in energia. I test condotti non hanno mostrato miglioramenti significativi rispetto al pannello standard e in alcuni casi l'efficienza del pannello standard è stata ridotta, nonostante l'aggiunta di 100 TEG sul lato posteriore.

Prototipo 3

Il terzo prototipo presenta un pannello con una superficie trattata sotto vuoto e celle TEG alloggiata in una camera sotto vuoto separata. La superficie esposta al sole del pannello accumula calore, che può essere dissipato dall'aria esterna, mentre le celle TEG convertono il calore del lato caldo in energia. L'isolamento sottovuoto ottimizza lo scambio di calore e massimizza la differenza di temperatura. Sebbene il vetro frontale comporti una perdita di efficienza del 5%, permette di ottenere la massima differenza di temperatura, consentendo prestazioni ottimali delle celle TEG. I test dimostrano un aumento medio dell'energia del 20% in autunno/inverno rispetto al pannello standard e i test di laboratorio dimostrano un aumento dell'energia fino al 50% rispetto al solo pannello fotovoltaico. Questo progetto si allinea al modello di simulazione "d" e si dimostra la configurazione più efficace per i parametri dello studio.

Installazione su mezzi di trasporto

Integrando i pannelli PTE (Photovoltaic-Thermoelectric) in vari mezzi di trasporto come automobili, barche e camper, i pannelli sfruttano il movimento del veicolo e il flusso d'aria per fornire

stationary. The highest thermal gradient for the Peltier cell was found in configuration *d*, with a value of 3.2°C, in which the lowest temperature (between 49.9°C and 52°C) was also found. To confirm the simulation results, three different panel configurations were produced, the prototypes of which (Fig. 5) were tested in-house by Zago S.r.l. with the assistance of consultants from Archimedetch S.r.l and Iuav.

Prototype 1

The prototype photovoltaic panel incorporates thermoelectric generators (TEG) positioned behind a vacuum and a layer of glass. The front side of the panel is exposed to sunlight without a glass cover, thus maximising photovoltaic efficiency. However, this version lacks heat accumulation during winter months, resulting in a low temperature differential for the TEG cells located

behind the panel. The combination of photovoltaic and thermoelectric components in this design shows promising results. The TEG cells on the back of the panel generate around 15% more electricity during autumn/winter, with potential energy increases of up to 40% when a temperature differential of at least 60°C is achieved. The sun-exposed surface of the panel stores heat, dissipated by outside air, while the TEG cells on the reverse side convert the hot side's heat into energy. The use of vacuum glass enhances TEG performance by maintaining a cold temperature, thereby improving energy conversion efficiency. Overall, this prototype offers an efficient solution to maximise both photovoltaic and thermoelectric yields.

Prototype 2

A second prototype was developed to further improve the device by enclosing



ventilazione e mantenere un elevato gradiente termico lungo il loro spessore. (Diahovchenko *et al.*, 2022; Jin *et al.*, 2022; Khan *et al.*, 2023; Pochont and Sekhar Y, 2023; Tiano *et al.*, 2020) Sono state sviluppate soluzioni di montaggio per adattare i pannelli a diverse applicazioni di trasporto, comprese le superfici curve. Tuttavia, l'applicazione delle celle di Peltier, essenziali per la tecnologia termoelettrica, richiede una superficie piatta del pannello, con conseguente aumento dei costi di progettazione e installazione per le superfici curve. Nel caso delle imbarcazioni, l'installazione di pannelli solari può essere in contrasto con l'estetica, quindi viene proposto un approccio progettuale che utilizza i pannelli PTE per un taxi veneziano per esplorarne la fattibilità. Il progetto (Fig. 6) prevede l'innalzamento di uno strato sopra la superficie dell'imbarcazione per creare canali di ventilazione su cui sono installati i pannelli, con prese d'aria e uscite posizionate strategicamente. La disposizione modulare delle celle si avvicina alla geometria curva del ponte dell'imbarcazione e ulteriori sviluppi prevedono pannelli personalizzati che coprono l'intera superficie del ponte. L'attuale configurazione dei pannelli fornisce un'area di generazione di energia di 2,07 m², riducendo il consumo di combustibile fossile per alcune ore

ing both the photovoltaic panel and the Peltier cell layer in a single glass chamber filled with inert gas to create a simulated vacuum. The TEGs on the cold side were also placed in the same chamber as the photovoltaic panel. However, this prototype did not achieve the same performance as the first one, as the panel's sun-exposed surface cannot dissipate heat due to the outer sheet encapsulating it, and the TEG cells on the reverse side require a colder glass encapsulation to effectively transform the hot-side's heat into energy. Tests conducted showed no significant improvement over the standard panel, and in some cases the efficiency of the standard panel was reduced, despite the addition of 100 TEGs on the back side.

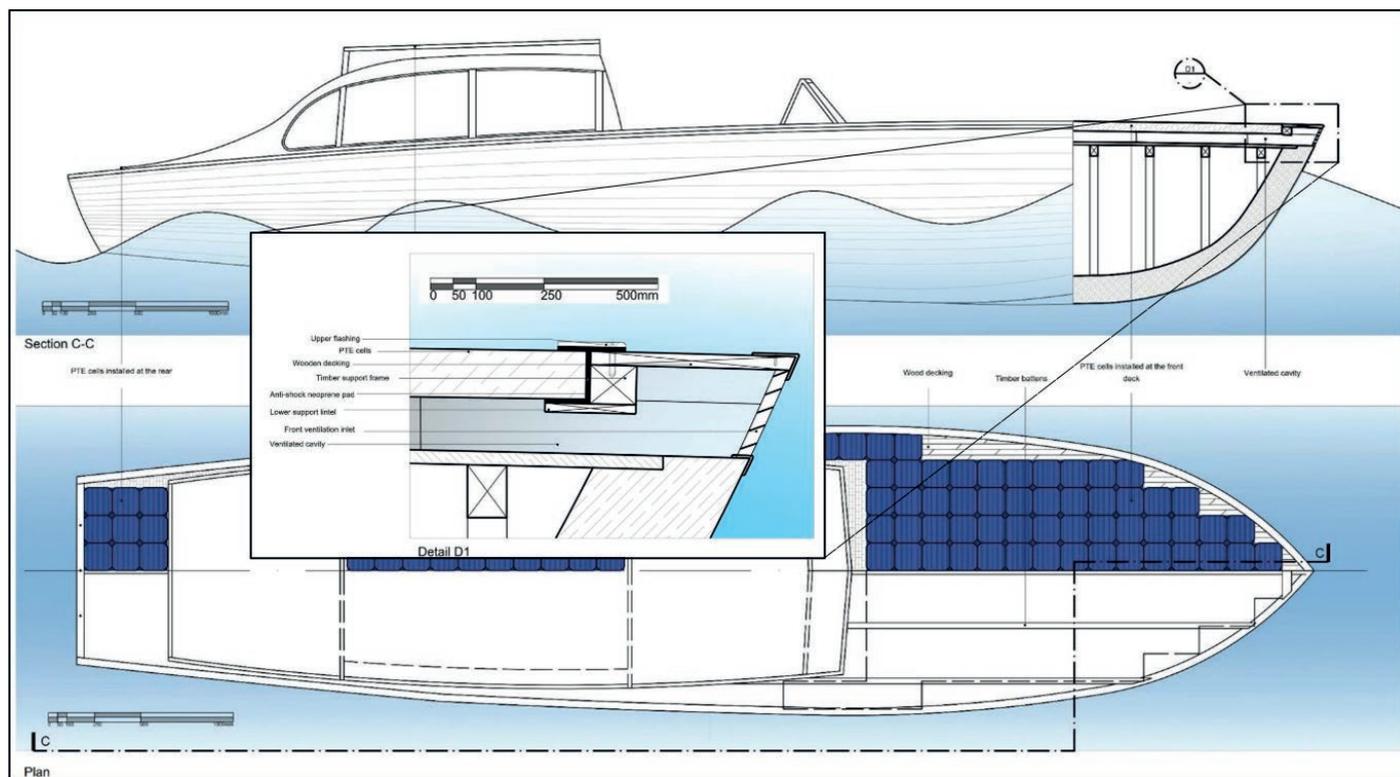
Prototype 3

The third prototype features a panel with a vacuum-treated surface and

TEG cells housed in a separate vacuum chamber. The panel's sun-exposed surface stores heat, which can be dissipated by the outside air, while the TEG cells convert the hot side's heat into energy. The vacuum insulation optimises heat exchange and maximises the temperature difference. Although the front glass causes a 5% efficiency loss, it allows for the maximum temperature difference, enabling optimal TEG cell performance. Tests show a 20% average energy increase in autumn/winter compared to the standard panel, and laboratory tests demonstrate up to a 50% energy increase compared to the photovoltaic panel alone. This design aligns with simulation model "d" and proves to be the most effective configuration for the study parameters.

Installation on means of transport

When PTE (Photovoltaic-Thermoelectric) panels are integrated into vari-



al giorno e una riduzione stimata delle emissioni annuali di CO₂ di circa 3 tonnellate. (Tercan *et al.*, 2021).

Conclusioni e sviluppi futuri

non vincolate alla geometria quadrata delle celle di silicio convenzionali. L'uso della stampa a inchiostro semiconduttore per lo strato termoelettrico semplificherebbe il processo di produ-

La ricerca ha evidenziato l'opportunità di sviluppare lastre fotovoltaiche termoelettriche

ous modes of transportation, such as cars, boats, and campers, the panels take advantage of vehicle movement and airflow to provide ventilation and maintain a high thermal gradient across their thickness. (Diahovchenko *et al.*, 2022; Jin *et al.*, 2022; Khan *et al.*, 2023; Pochont and Sekhar Y, 2023; Tiano *et al.*, 2020) Mounting solutions have been developed to adapt the panels to different transport applications, including curved surfaces. However, the application of Peltier cells, which are essential for thermoelectric technology, requires a flat panel surface, leading to increased design and installation costs for curved surfaces. In the case of boats, the installation of solar panels can clash with aesthetics, so a design approach using PTE panels for a Venetian taxi is proposed to explore its viability. The design (Fig. 6) involves raising a layer above the boat's surface

to create ventilation channels over which the panels are installed with strategically positioned air intakes and outlets. The modular layout of the cells approximates the boat's curved deck geometry, and further developments include custom-made panels that cover the entire deck surface. The current panel configuration provides an energy generation area of 2.07 m², reducing fossil fuel usage for a few hours a day and estimated annual CO₂ emission reduction of about 3 tonnes (Tercan *et al.*, 2021).

Conclusions and future developments

The research highlighted the opportunity for the development of thermoelectric photovoltaic sheets not bound to the square geometry of conventional silicon cells. The use of semiconductor ink printing for the thermoelectric

zione e avrebbe il potenziale per ridurre i costi (Ai *et al.*, 2004; Dobrozhan *et al.*, 2020; Moreira *et al.*, 2021; Simonenko *et al.*, 2019). Grafco S.r.l. ha condotto test specifici sulle celle termoelettriche realizzate tramite stampa, dando vita a un prototipo funzionante denominato PTEG (Printed Thermo-Electric Generator). Il prototipo PTEG è stato sottoposto a test di resistenza agli agenti atmosferici, evidenziando la necessità di un substrato protettivo o di una vernice per prevenire l'ossidazione. In termini di efficienza di conversione, il prototipo PTEG ha rag-

layer would simplify the production process and has the potential for cost reduction (Ai *et al.*, 2004; Dobrozhan *et al.*, 2020; Moreira *et al.*, 2021; Simonenko *et al.*, 2019). Grafco S.r.l. conducted specific tests on thermoelectric cells made through printing, resulting in a working prototype called PTEG (Printed Thermo-Electric Generator). The PTEG prototype underwent weathering tests, highlighting the need for a protective substrate or paint to prevent oxidation. In terms of conversion efficiency, the PTEG prototype achieved 15% efficiency compared to industrially manufactured TEG devices. Further long-term studies are required to confirm its performance. However, the research underscores the potential for advancements in photovoltaic technology and its role in energy transition through its combination with other energy harvesting devices,

such as thermoelectric cells, thus paving the way for further experimentation of hybrid technologies in the built environment.

ATTRIBUTION, ACKNOWLEDGMENTS, COPYRIGHT

All parties of the joint venture between Zago S.r.l. (the leader), Archimedetech S.r.l., Grafco S.r.l., and Issg S.r.l. and the authors agreed on the content of this paper and granted permission for publication.

The research was conducted by Università Iuav di Venezia within the project "Photovoltaic Thermal-Electric Panel", financed by the Veneto Region through the POR FESR 2014-2020 funds for "Research, Technological Development and Innovation". The aim was to support collaborative R&D activities for the development of new sustainable technologies, products and

giunto un'efficienza del 15% rispetto ai dispositivi TEG prodotti industrialmente. Sono necessari ulteriori studi a lungo termine per confermarne le prestazioni, ma la ricerca sottolinea il potenziale di avanzamento della tecnologia fotovoltaica e il suo ruolo nella transizione energetica attraverso la combinazione con altri dispositivi di raccolta dell'energia come le cellule termoelettriche, aprendo la strada a ulteriori sperimentazioni di tecnologie ibride nell'ambiente costruito.

ATTRIBUZIONE, RINGRAZIAMENTI, DIRITTI DI COPYRIGHT

Questo articolo è frutto della stretta collaborazione tra i due autori; tutte le parti della joint venture tra Zago S.r.l. (in qualità di capofila), Archimedetech S.r.l., Grafcò S.r.l. e Issg S.r.l. hanno concordato con gli autori il contenuto di questo articolo e hanno concesso l'autorizzazione alla pubblicazione.

La ricerca è stata intrapresa dall'Università Iuav di Venezia nell'ambito del progetto "Pannello Fotovoltaico Termico-Elettrico", finanziato dalla Regione Veneto attraverso i fondi POR FESR 2014-2020 per "Ricerca, Sviluppo Tecnologico e Innovazione" con l'obiettivo di sostenere attività collaborative di R&S per lo sviluppo di nuove tecnologie, prodotti e servizi sostenibili. La ricerca ha visto la collaborazione di quattro aziende – Zago S.r.l. (capofila), Archimedetech S.r.l., Grafcò S.r.l. e Issg S.r.l. – impegnate nello sviluppo e nella sperimentazione della nuova tecnologia. L'Università Iuav di Venezia, in qualità di Ente di Ricerca, ha svolto la funzione di "Direzione Scientifica" tramite il Prof. Massimo Rossetti e l'Assegnista di Ricerca Ing. Francesco Incelli.

REFERENCES

Aboelata, A. (2021), "Assessment of green roof benefits on buildings' energy-saving by cooling outdoor spaces in different urban densities in arid cities", *Energy*, Vol. 219, 119514.

services. The research involved the collaboration of four companies – Zago S.r.l. (lead partner), Archimedetech S.r.l., Grafcò S.r.l. and Issg S.r.l. – engaged in developing and testing the innovative technology. Università Iuav di Venezia, as Research Organisation, acted as "Research Coach" through Prof. Massimo Rossetti and Research Fellow Eng. Francesco Incelli.

Ai, Y., Liu, Y., Cui, T. and Varahramyan, K. (2004), "Thin film deposition of an n-type organic semiconductor by ink-jet printing technique", *Thin Solid Films*, Vol. 450, n.2, pp. 312-315.

Bakhshoodeh, R., Ocampo, C. and Oldham, C. (2022), "Exploring the evapotranspirative cooling effect of a green façade", *Sustainable Cities and Society*, Vol. 81, 103822.

Belsky, A.A., Glukhanich, D.Y., Carrizosa, M.J. and Starshaia, V.V. (2022), "Analysis of specifications of solar photovoltaic panels", *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, Vol. 159, 112239.

Çengel, Y.A., Dall'Ò, G. and Sarto, L. (2022), *Termodinamica e trasmissione del calore*, McGraw-Hill Education.

Diahovchenko, I., Petrichenko, L., Borzenkov, I. and Kolcun, M. (2022), "Application of photovoltaic panels in electric vehicles to enhance the range", *Heliyon*, Vol. 8, n.12, e12425.

Dobrozhan, O., Baláz, M., Vorobiov, S., Baláz, P. and Opanasyuk, A. (2020), "Morphological, structural, optical properties and chemical composition of flexible Cu₂ZnSnS₄ thin films obtained by ink-jet printing of polyol-mediated nanocrystals", *Journal of Alloys and Compounds*, Vol. 842, 155883.

Enescu, D. (2023), "Applications of Thermoelectricity in Buildings: From Energy Harvesting to Energy Management", *Sustainability in Energy and Buildings*, Vol. 20, pp. 152-163.

ISO (2022), *BS ISO 21931-1:2022: Sustainability in buildings and civil engineering works. Framework for methods of assessment of the environmental, social and economic performance of construction works as a basis for sustainability assessment*, British Standards Institute.

Jamei, E., Chau, H.W., Seyedmahmoudian, M., Mekhilef, S.S. and Sami, F.A. (2023), "Green roof and energy – role of climate and design elements in hot and temperate climates", *Heliyon*, Vol. 9, n.5, e15917.

Jamei, E., Chau, H.W., Seyedmahmoudian, M. and Stojcevski, A. (2021), "Review on the cooling potential of green roofs in different climates", *Science of the Total Environment*, Vol. 791, 148407.

- Ji, L., Shu, C., Laouadi, A., Lacasse, M. and Wang, L. (2023), "Quantifying improvement of building and zone level thermal resilience by cooling retrofits against summertime heat events", *Building and Environment*, Vol. 229, 109914.
- Jin, Z., Li, D., Hao, D., Zhang, Z., Guo, L., Wu, X. and Yuan, Y. (2022), "A portable, auxiliary photovoltaic power system for electric vehicles based on a foldable scissors mechanism", *Energy and Built Environment*.
- Kasap, S.O. (2018), *Principles of electronic materials and devices* (International student edition, fourth edition ed.), McGraw-Hill Education.
- Khan, S., Sudhakar, K., Yusof, M.H.B., Azmi, W. H. and Ali, H.M. (2023), "Roof integrated photovoltaic for electric vehicle charging towards net zero residential buildings in Australia" *Energy for Sustainable Development*, Vol. 73, pp. 340-354.
- Lynn, B.H. and Lynn, I.M. (2020), "The impact of cool and green roofs on summertime temperatures in the cities of Jerusalem and Tel Aviv", *Science of the Total Environment*, Vol. 743, 140568.
- Minunno, R., O'Grady, T., Morrison, G. M. and Gruner, R. L. (2020), Exploring environmental benefits of reuse and recycle practices: A circular economy case study of a modular building, *Resources, Conservation and Recycling*, Vol. 160, 104855.
- Moreira, T., Maia, M., Parola, A.J., Zangoli, M., Di Maria, F. and Laia, C.A.T. (2021), Chapter 12 – Ink-jet-printed semiconductor electrochromic nanoparticles: Development and applications in electrochromism, in: Das, S. and Dhara S. (Eds.), *Chemical Solution Synthesis for Materials Design and Thin Film Device Applications*, Elsevier, pp. 407-437.
- Mughal, S., Sood, Y.R. and Jarial, R.K. (2018), "A review on solar photovoltaic technology and future trends", *International Journal of Scientific Research in Computer Science, Engineering and Information Technology*, Vol. 4, n.1, 227-235.
- Narayanan, R. (2017), "Chapter Seven - Heat-Driven Cooling Technologies", in Rasul, M.G., Azad, A.K. and Sharma S.C. (Eds.), *Clean Energy for Sustainable Development*, Academic Press, pp. 191-212.
- Noaman, D.S., Moneer, S.A., Megahed, N.A. and El-Ghafour, S.A. (2022), "Integration of active solar cooling technology into passively designed facade in hot climates", *Journal of Building Engineering*, Vol. 56, 104658.
- Pennelli, G., Dimaggio, E. and Macucci, M. (2022), "Electrical and thermal optimization of energy-conversion systems based on thermoelectric generators", *Energy*, Vol. 240, 122494.
- Pochont, N.R. and Sekhar Y.R. (2023), "Recent trends in photovoltaic technologies for sustainable transportation in passenger vehicles – A review", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 181, 113317.
- Prieto, A., Knaack, U., Auer, T. and Klein, T. (2018), "Passive cooling & climate responsive façade design: Exploring the limits of passive cooling strategies to improve the performance of commercial buildings in warm climates", *Energy and Buildings*, Vol. 175, 30-47.
- Rigamonti, L. and Mancini, E. (2021), "Life cycle assessment and circularity indicators", *The International Journal of Life Cycle Assessment*, Vol. 26, n.10, pp. 1937-1942.
- Sikula, M. and Krejci, P. (2022), "Defects of Photovoltaic Panels", *22nd International Scientific Conference on Electric Power Engineering (Epe)*, pp. 191-194.
- Simonenko, E.P., Mokrushin, A.S., Simonenko, N.P., Voronov, V.A., Kim, V.P., Tkachev, S.V., Gubin, S.P., Sevastyanov, V.G. and Kuznetsov, N.T. (2019), "Ink-jet printing of a TiO₂-10%ZrO₂ thin film for oxygen detection using a solution of metal alkoxoacetylacetonates", *Thin Solid Films*, Vol. 670, 46-53.
- Tercan, Ş.H., Eid, B., Heidenreich, M., Kogler, K. and Akyürek, Ö. (2021), "Financial and Technical Analyses of Solar Boats as A Means of Sustainable Transportation", *Sustainable Production and Consumption*, Vol. 25, 404-412.
- Theokli, C., Elia, C., Markou, M., and Vassiliades, C. (2021), "Energy renovation of an existing building in Nicosia Cyprus and investigation of the passive contribution of a BIPV/T double façade system: A case-study", *Energy Reports*, Vol. 7, pp. 8522-8533.
- Tiano, F.A., Rizzo, G., Marino, M. and Monetti, A. (2020), "Evaluation of the potential of solar photovoltaic panels installed on vehicle body including temperature effect on efficiency", *eTransportation*, Vol. 5, 100067.
- Vaz Monteiro, M., Blanuša, T., Verhoef, A., Richardson, M., Hadley, P. and Cameron, R.W. F. (2017), "Functional green roofs: Importance of plant choice in maximising summertime environmental cooling and substrate insulation potential", *Energy and Buildings*, Vol. 141, 56-68.
- Wang, Y., Hu, Y., Bocklund, B., Shang, S., Zhou, B., Liu, Z. and Chen, L. (2018), "First-principles thermodynamic theory of Seebeck coefficients", *Physical Review B*, Vol. 98, n. 22, 224101.
- Yazdani, H. and Baneshi, M. (2021), "Building energy comparison for dynamic cool roofs and green roofs under various climates", *Solar Energy*, Vol. 230, 764-778.

Gianluca Pozzi, <https://orcid.org/0000-0003-1458-322X>

Giulia Vignati, <https://orcid.org/0000-0002-1543-1298>

Dipartimento di Architettura, Ingegneria delle Costruzioni e Ambiente Costruito, Politecnico di Milano, Italia

gianluca.pozzi@polimi.it

giulia.vignati@polimi.it

Abstract. Il contributo indaga gli aspetti di sostenibilità tecnica, economica e sociale della transizione energetica su due differenti scale: da un lato viene affrontato il tema delle FER nel sistema energetico nazionale introducendone la struttura, i limiti e le possibilità; dall'altro viene presentato il caso della riqualificazione energetica di un piccolo edificio di proprietà pubblica, come caso studio esemplare di un orientamento sistemico di strategie possibili che adotta soluzioni straordinarie non tanto nella tecnica, ma soprattutto nel processo progettuale. Obiettivo è proporre una metodologia di approccio per valorizzare le potenzialità del sito, nella certezza che le strategie a breve termine debbano necessariamente passare dalla consapevolezza di tutti gli attori coinvolti (compresi gli utenti finali) e attraverso sistemi di stoccaggio locale dell'energia.

Parole chiave: Disaccoppiamento energetico; Accumuli energetici; Multifunzionalità dei sistemi; Gestione "utenti"; Inerzia energetica.

Generale e locale, tra fonti rinnovabili e sistema energetico integrato

Rispetto all'impegno europeo di rendere l'energia accessibile, affidabile, sostenibile e moderna¹, l'accelerazione verso la transizione energetica necessita una duplice riflessione, che coinvolge gli utenti finali come soggetti attivi e consapevoli: da un lato, sull'integrazione tecnologica per gestire i sistemi di produzione di energia da fonti rinnovabili non programmabili, disaccoppiando la produzione dal suo utilizzo attraverso l'accumulo; dall'altro sull'approccio sistemico, innescando processi per ridurre la domanda energetica.

Questo contributo si focalizza sulla valorizzazione dei sistemi di accumulo, sia a livello sistemico-nazionale sia a livello locale, con l'esperienza di un caso studio che, a partire dalle potenzialità e risorse del sito, ha individuato adeguate strategie di resilienza ed ha sperimentato azioni replicabili, attraverso il coinvolgimento dell'utente, per rendere sostenibile un edificio di proprietà pubblica.

Rispetto all'impegno europeo di rendere l'energia accessibile, affidabile, sostenibile e moderna¹, l'accelerazione verso la

Viene adottata una duplice metodologia: quella deduttiva (tratta da un PRIN su sistemi energetici²) evidenzia le problematiche e i limiti delle FER per la produzione diffusa nel sistema nazionale (Daglio and Ginelli, 2018), individuando la necessità di azioni locali di interazione con la rete attraverso gli accumuli per un uso locale dell'energia. Quella induttiva parte dalla riqualificazione energetica di un edificio pubblico (tratta da una ricerca conto terzi³) che dimostra come la soluzione apparentemente più scontata (un cappotto termico in questo caso), non solo non sia la più conveniente ambientalmente ed economicamente, ma che l'uso adeguato delle risorse presenti in loco (un bacino d'acqua artificiale poco distante) abbinato a un'ottimizzazione d'uso dell'edificio da parte degli utenti, consenta importanti riduzioni di consumi e CO₂. Il risultato definisce criteri progettuali per la riqualificazione energetica che, gestendo al meglio le risorse, equilibri il rapporto tra nuovi atteggiamenti consapevoli dell'utente integrati a sistemi di stoccaggio, per una reale sostenibilità (Fig. 1).

Incentivi ed efficienza energetica: problemi e prospettive delle rinnovabili

L'incentivazione per l'efficienza energetica non sempre ha contribuito al miglioramento dell'efficienza globale del sistema elettrico nazionale: nel 2011 le FER hanno superato come potenza gli impianti da fonte idroelettrica, a discapito di quelli termoelettrici. Dal 2014 la potenza totale lorda è in diminuzione, poiché la priorità di dispacciamento dell'energia prodotta da rinnovabile rende antieconomica la produzione da fonte combustibile. Inoltre, i grandi im-

L'incentivazione per l'efficienza energetica non sempre ha contribuito al miglioramento dell'efficienza globale del sistema elettrico nazionale: nel 2011

Resilience strategies for energy adequacy, between energy storage and conscious behaviours

Abstract. This paper examines the technical and economic sustainability aspects of energy transition on two different scales. On the one hand, it investigates the topic of RES in the national energy system, describing structure, limits and possibilities. On the other hand, it presents the energy requalification case study of a small public building as an exemplary case of a systemic approach that adopts extraordinary solutions in terms of design process. The aim of the paper is to propose a methodological approach to improve site potential, assuming that short-term strategies must necessarily involve all the actors (including end-users) through local energy storage systems.

Keywords: Energy decoupling; Energy storage; Multifunctional systems; "User" management; Energy inertia.

General and local, between renewable sources and integrated energy system

Considering the European goal of making energy affordable, reliable, sustainable, and modern¹, the acceleration towards energy transition requires a dual reflection, engaging active and informed users, precisely on technological integration to manage energy production systems from non-programmable renewable sources by separating energy production from its use through energy storage; and on a systemic approach enabling processes that can reduce energy requirements.

This paper focuses on making the most of energy storage systems, both at national and local level, through the experience of a case study. Starting from site potential and resources, the case study identified resilience strategies and experimented with replicable

actions by involving users to make a public building sustainable.

A double methodology is adopted; to be precise, the deductive one (from a PRIN on energy systems²) highlights the problems and limits of energy production by RES in the national system (Daglio and Ginelli, 2018). This reflection identifies the necessity for local interaction with the energy network, for local use of energy through storage. The inductive one starts from energy requalification of a public building (taken from a private Research³) and shows how the apparently most obvious solution (a thermal coat in this case) is not the most energetically and economically suitable one. Furthermore, the case study demonstrates that adequate use of on-site resources (an artificial water basin nearby) combined with optimisation of building use allow significant reductions in

pianti termoelettrici mal si adattano ad erogare potenza per brevi periodi di tempo con ridottissimo preavviso (incostanza della fonte rinnovabile) e i produttori preferiscono tenere spente queste centrali. Pertanto, l'assenza di supporto del sistema termoelettrico sui sistemi rinnovabili ha evidenti ripercussioni sulla costanza dell'erogazione di energia elettrica.

Nello specifico, l'incremento del fotovoltaico ha comportato uno squilibrio nel sistema energetico nazionale che impedisce di sfruttare a pieno il patrimonio FER esistente. Tale patrimonio è in forte espansione (dovrà più che raddoppiare nei prossimi 30 anni⁴), rendendo questa prospettiva ancora più critica. Tre sono i principali nodi da risolvere dovuti all'immissione in rete di energia prodotta in maniera diffusa e incostante: i) anomalie, oscillazioni di frequenze e tensione; ii) sovraccarico su alcune linee di trasmissione esistenti; iii) disadattamento temporale tra domanda e offerta.

Questo dal lato della produzione; per quanto attiene al lato del fruitore, rispetto ad una crescita compatibile con le esigenze globali, il consumo energetico dovrà ridursi nei prossimi anni, per una transizione "morbida" ad un sistema energetico sostanzialmente *carbon free*.

In riferimento ai dati⁵ sulla produzione da fonte rinnovabile annua e sull'andamento dei consumi energetici in Italia, si possono riassumere le seguenti considerazioni.

1. Il sistema elettrico nazionale⁶ ha una sovraccapacità produttiva rispetto alla domanda. A fronte di una potenza efficiente lorda installata di circa 120.000 MW (con potenza termoelettrica di circa 62.000 MW), il carico massimo richiesto dalla rete non supera i 55.000 MW; tale situazione ha determinato una serie di problemi, come la difficoltà di

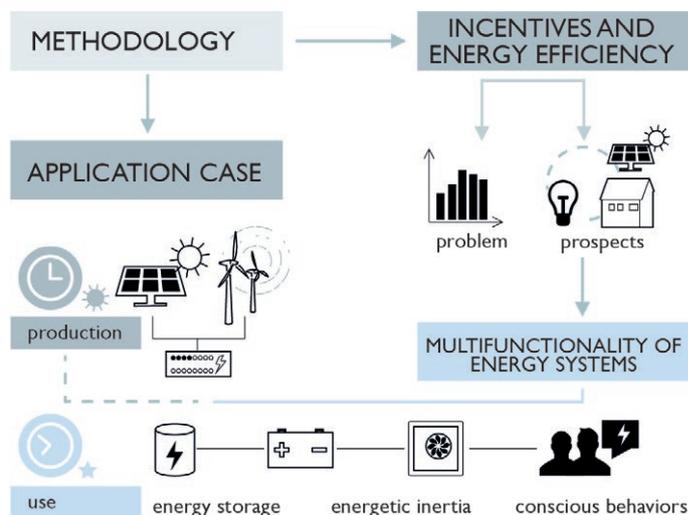
consumption and CO₂. The result defines design criteria for energy requalification that, starting from its rational use of on-site resources, balances the relationship between new and informed attitudes for users, integrated with energy storage systems, for genuine sustainability (Fig. 1).

Incentives and energy efficiency: problems and perspectives of renewable energies

The incentive for energy efficiency has not always effectively contributed to improve the overall efficiency of the national electricity system; indeed, in 2011, RES surpassed hydroelectric power plants to the detriment of thermoelectric ones. The total gross power has been decreasing since 2014 as the priority of energy dispatch (produced from renewable sources) makes the production from non-renewable

sources uneconomical. In addition, large thermoelectric plants are not suitable for supplying energy for short periods of time with very short notice (in relation to the inconstancy of renewable sources), and producers prefer to keep these plants switched off. Therefore, the absence of support from the thermoelectric system for renewable plants has obvious repercussions on the constancy of the electricity supply.

Specifically, the increase in photovoltaics has made the national energy system unstable, determining the conditions under which the existing renewable energy stock cannot be fully exploited. This stock of renewable energy is growing (it will more than double in the next 30 years⁴). There are three main issues to be resolved in order to spread energy (from renewable sources) into the grid: i) anomalies and



remunerazione delle grandi centrali termoelettriche, costrette a marciare a regime ridotto per la scarsità della domanda.

2. Per superare il *gap* produttivo di energia elettrica, se ne potrebbe incrementare l'uso per fini termici sfruttando pompe di calore, prescritte per gli edifici pubblici nel 1991 e mai realmente diffuse; mentre l'incentivo dei trasporti elettrici potrebbe garantire un uso più adeguato di tale sovraccapacità produttiva.
3. Un incentivo sinora sottoutilizzato è l'uso termico diretto della fonte rinnovabile, ricavato sia da fonte solare termica, sempre disponibile anche se discontinua, che dall'uso di cascami energetici legati ai processi produttivi o dalla produzione di energia elettrica.

Verso un sistema di accumuli integrati

chiavi di volta della gestione energetica nel futuro prossimo: a fianco delle batterie (ancora poco efficienti e con alti impatti

Rispetto allo scenario descritto, si identificano i sistemi di accumulo come una delle possibili

oscillations of frequencies and voltage; (ii) overload on certain existing transmission lines; (iii) temporal mismatch between supply and demand.

This concerns production. Regarding the user, to allow a growth compatible with global needs, energy consumption will have to level out and decrease in the coming years for a "soft" transition to a substantially carbon-free energy system.

The following considerations can be formulated with reference to data⁵ on annual production from renewable sources and the trend of energy consumption in Italy.

1. The national electricity system⁶ is characterised by overcapacity in relation to demand. With a gross efficient installed capacity of approximately 120,000 MW (with a thermoelectric capacity of approximately 62,000 MW), the maximum load

required by the grid does not exceed 55,000 MW. This situation has led to a series of problems, including the difficulty of remuneration of large thermal power stations, which are forced to operate at reduced speed due to the scarcity of demand.

2. To overcome the electricity production gap, the use of electricity for thermal uses could be increased by using heat pumps for production, already prescribed for public buildings in 1991 and never really applied, while the incentive of electric transport could guarantee a more adequate use of this production overcapacity.
3. An incentive so far underused is the direct thermal use of the renewable source. This can be obtained both from the solar thermal source, always available even if discontinuous, and from the use of energy

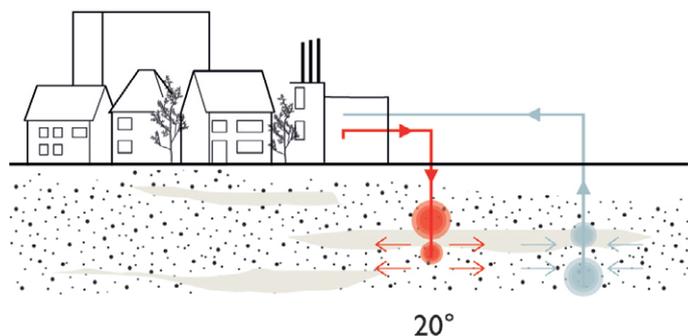
ambientali ed economici) è fondamentale promuovere accumuli termici, più semplici, più economici e certamente più sostenibili, integrati in piccole reti locali, a loro volta connesse nella rete nazionale⁷. Essi potranno consentire di disaccoppiare la produzione di energia, non programmabile, dal suo utilizzo finale, migliorando l'affidabilità e la flessibilità delle reti elettriche (Liberatore, 2020).

«Si avranno micro-reti del tutto autonome ma totalmente interconnesse tra loro, in grado di essere in genere autonome, quindi autoproduttrici, ma in grado di assorbire o erogare energia da/verso il resto del sistema elettrico solo nei momenti di necessità» (Campagna, 2020).

Poiché l'accumulo termico rappresenta una fattibile possibilità di sfruttamento in breve tempo delle risorse rinnovabili (Ramos-Escudero, 2022), vengono illustrati alcuni casi in cui accumuli idrici riducono considerevolmente i fabbisogni energetici di grandi complessi edilizi o interi quartieri.

In Europa sono diffusi i sistemi ATEs (Aquifer Energy Thermal Storage) (Stemmler et al., 2022), basati sullo stoccaggio e recupero di energia termica dal sottosuolo per il riscaldamento e raffreddamento degli edifici (Bu et al., 2022). Sono sistemi bidirezionale a circuito aperto (Fig. 2), che utilizzano almeno un pozzo di acqua sotterranea per immagazzinare il calore in eccesso in estate, per poi cederlo d'inverno (Schüppler et al., 2019).

L'Arlanda Airport Aquifer (Stoccolma) è un progetto di accumulo di energia termica da circa 9 GWh, che fornisce all'aeroporto dal 2009 calore e refrigerazione, riducendo la dipendenza dall'elettricità e dal teleriscaldamento, tramite la falda acquifera situata a pochi chilometri dai terminal⁸. Lo stoccaggio e il recupero dell'energia termica avvengono mediante estrazio-



ne e iniezione di acqua di falda (Andersson, 2012). In questo modo l'aeroporto può ridurre il consumo energetico annuo di 19 GWh⁹.

Un altro caso significativo di accumulo artificiale termico si trova nei pressi Kolding¹⁰ (Danimarca), in cui l'installazione di un impianto solare termico di oltre 52.000 mq è connesso ad un bacino artificiale di 203.000 mc di acqua, in grado di stoccare per alcuni mesi l'energia prodotta (l'impianto ha una potenza di 37 MWth).

Un'ulteriore tipologia di accumuli, in questo caso di energia potenziale, ma che potrebbe essere integrato con accumuli termici, sono i bacini idroelettrici di accumulo artificiale: una recente ricerca della Australian National University¹¹ stima in 616.000 i siti nel mondo potenzialmente adatti a bacini di accumulo "pompati", che potrebbero immagazzinare sino a 23 milioni di GWh. Inoltre, i bacini artificiali d'acqua, data la recente siccità estiva, possono integrarsi nei sistemi di accumulo e stoccaggio diffuso per l'irrigazione, arrivando a un livello di multifunzionalità dei sistemi energetici oggi imprescindibile, oltre a fungere da potenziale riserva per alimentare le centrali idroelettriche in assenza di sole e vento, innescando sinergie tra settori diversi.

Sulla scorta di questa ultima considerazione, i paragrafi seguenti affrontano un cambio di scala dell'indagine, passando dai grandi bacini idrici ad un involucro artificiale esistente, nato

waste linked to production processes, for example, energy waste that can be exploited in the production of electricity.

Towards an integrated energy storage system

In the described scenario, it seems that we can identify energy storage systems as one of the possible keystones of energy management in the short term. Alongside batteries (still inefficient and with high environmental and economic impacts), it is essential to promote thermal storage systems as they are simpler, cheaper, certainly more sustainable, and can be easily integrated into small local networks that are, in turn, connected to the national network⁷. This type of storage will allow the decoupling of non-programmable energy production from its final use, improving the reliability and flexibility

of electricity grids (Liberatore, 2020). «Si avranno micro-reti del tutto autonome ma totalmente interconnesse tra loro, in grado di essere in genere autonome, quindi autoproduttrici, ma in grado di assorbire o erogare energia da/verso il resto del sistema elettrico solo nei momenti di necessità» (Campagna 2020).

Thermal energy storage is a feasible possibility of exploiting renewable resources in the short term (Ramos-Escudero 2022). The following paragraphs illustrate some cases in which water storage considerably reduces the energy needs of a large building complex or of entire neighbourhoods.

ATES (Aquifer Energy Thermal Storage) systems (Stemmler et al., 2022) are widespread in Europe, based on the storage and recovery of thermal energy in the subsoil for heating and cooling buildings (Bu et al., 2022). They are bi-

directional open-circuit systems (Fig. 2), which use at least one underground water well to store surplus heat in summer and release it in winter (Schüppler et al., 2019).

Arlanda Airport Aquifer (Stockholm) is a thermal energy storage project of about 9 GWh, in operation since 2009. It provides the airport with natural and renewable heat and refrigeration, reducing dependence on electricity and district heating by exploiting an aquifer located a few kilometres from the air terminals⁸. The storage and recovery of thermal energy take place through the extraction and injection of groundwater (Andersson, 2012). The airport can thus reduce its annual energy consumption by 19 GWh⁹.

A significant case of artificial thermal storage is located near Kolding¹⁰ (Denmark), where the installation of a solar thermal system of over 52,000 square

metres is connected to an artificial basin of 203,000 cubic metres of water, which can store the energy produced for some months (the plant has a power of 37 MWth).

Artificial hydroelectric basins are a further type of storage, in this case of potential energy that could be integrated with thermal storage. A recent study by the Australian National University¹¹ estimates that there are 616,000 sites in the world potentially suitable for "pumped" storage, which could store up to 23 million GWh. In addition, given the recent summer drought, artificial water basins can be integrated into storage systems for irrigation, reaching a level of energy system multifunctionality that is essential today, as well as acting as a potential reserve to power hydroelectric plants in the absence of sun and wind, triggering synergies between different sectors.

per altri scopi. Il caso è trattato come esempio di una pratica necessaria in cui, per limitare gli impatti ambientali negativi dei grandi invasi, è auspicabile, come anche suggerito da Campagna (2020) per i sistemi elettrici, una rete di bacini diffusi di cui il caso studio è rappresentativo anche per i molti altri invasi artificiali lasciati, per esempio, da cave in disuso.

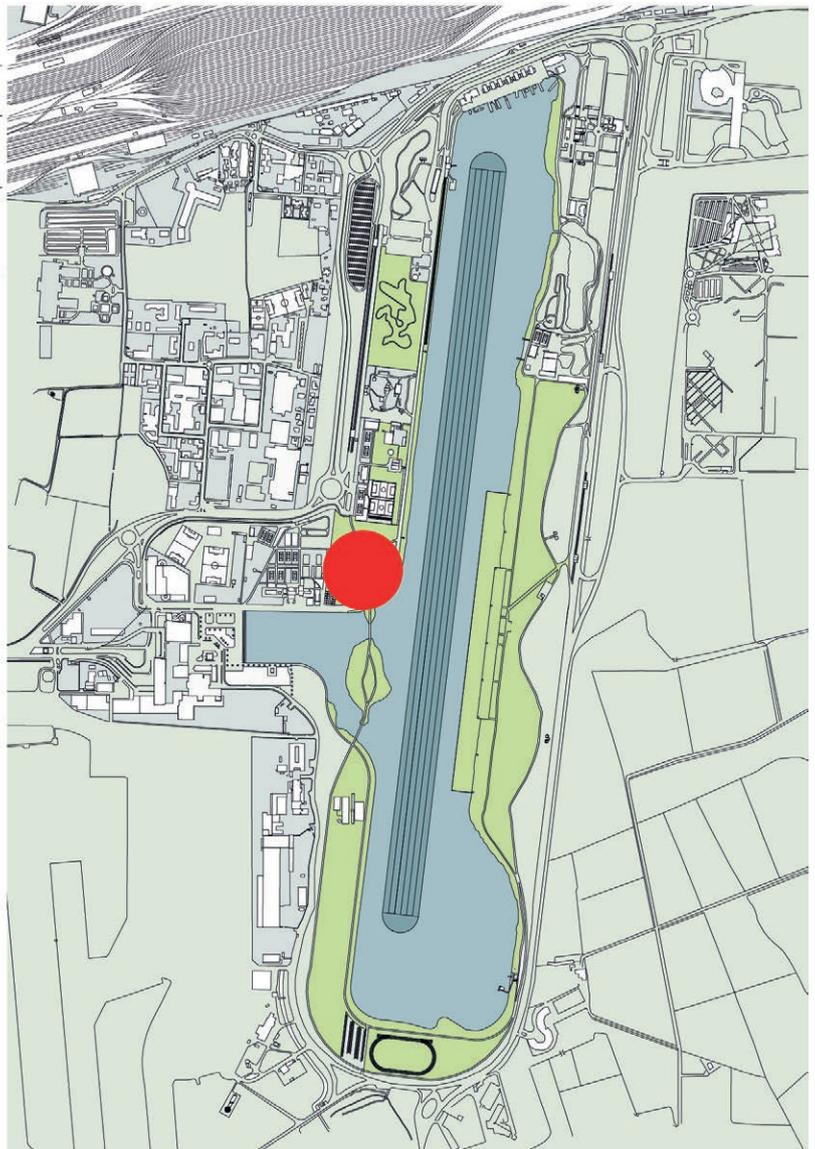
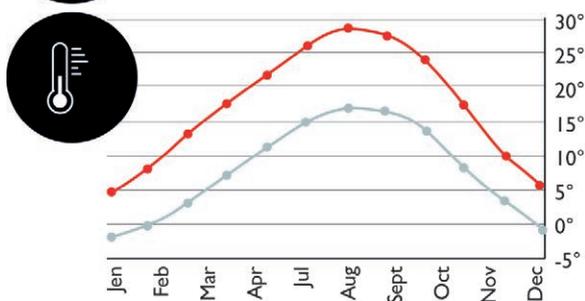
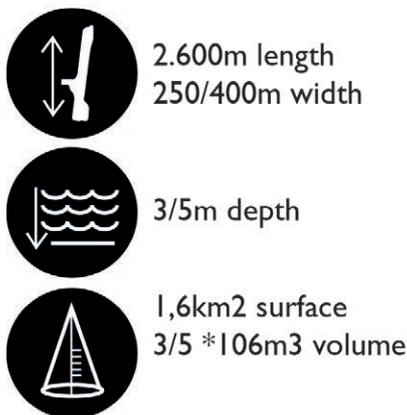
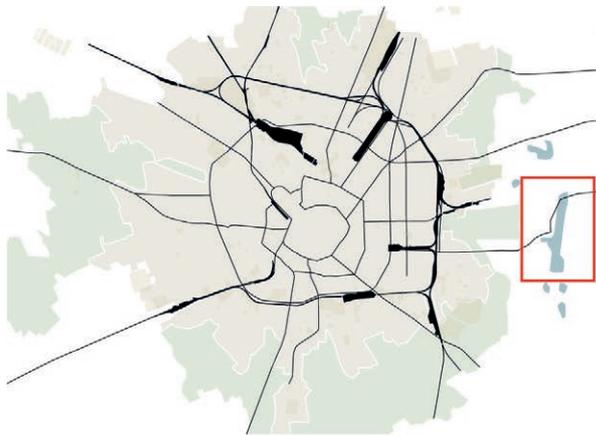
Energia e paesaggi da abitare: un caso applicativo nella città di Milano

Di seguito sono illustrate le potenziali strategie di sfruttamento di un bacino idrico artificiale come accumulo energetico¹², indagate per l'aggiudicazione di un bando indetto dalla città

metropolitana di Milano, il cui oggetto era la riqualificazione e gestione di un edificio pubblico ricreativo inserito nel parco del bacino dell'Idroscalo, nella prima cintura di Milano¹³, quale potenziale risorsa energetica ingente data la grande massa d'acqua e quindi capacità termica, con un volume di oltre 4 milioni di mc (Fig. 3).

Per poter attingere alla risorsa in modo sostenibile sono state indagate (Fig. 4) le possibili modalità di sfruttamento: la prima con l'uso diretto dell'acqua, attingendola come fluido termico e rimettendola poi nel lago a fine ciclo; la seconda in modo mediato, realizzando dei pozzi verticali che attingono l'acqua dal sottosuolo e la rimettono nell'Idroscalo (queste soluzioni non

03 |



intaccerebbero le condizioni della falda esistente in quanto l'acqua del bacino è una falda superficiale affiorante). La terza tipologia di scambio termico possibile prevede l'installazione di circuiti chiusi di tipo verticale nella profondità del terreno (sonde geotermiche), sfruttando l'elevato gradiente termico ottenibile da questi scambiatori in un terreno saturo d'acqua. Tale tipologia comporta costi elevati di realizzazione per le potenze in gioco; pertanto, non si è approfondita l'analisi sotto il profilo energetico, in quanto le considerazioni di tipo economico precludevano di fatto tale possibilità. Per le due soluzioni a captazione diretta si sono manifestati dei problemi sotto il profilo burocratico ed amministrativo (essendo all'interno di un parco tutelato): la captazione e l'immissione diretta dell'acqua superficiale del lago presenta dei vincoli normativi legati al rispetto del D.L. 152/2006 e l'iter autorizzativo costituisce un'incognita sotto il profilo dell'esito e dei tempi di attuazione. Si è reso necessario studiare un'altra soluzione per lo sfruttamento della risorsa Idroscalo, in accordo sia con i vincoli legislativi in essere che con la fattibilità economica e temporale

degli interventi. Il caso descritto di seguito ha evidenziato come l'aspetto procedurale e normativo spesso sia l'ostacolo maggiore allo sviluppo e alla sperimentazione di tecnologie non standard: un sistema di sonde geotermiche orizzontali sul fondo di un bacino, purtroppo, non trovano una caratterizzazione normativa univoca. Inoltre, spesso i bacini idrici si trovano in aree parco protette in cui decisioni paesaggistiche, spesso soggettive, impediscono, senza una vera giustificazione ambientale, lo sfruttamento di un lago per scambi termici.

Il caso "ex Rivaverde" a Milano

Le riflessioni sul bacino dell'Idroscalo sono legate all'edificio pubblico ex-Rivaverde¹⁴ oggetto

del bando, che vincolava l'aggiudicazione dell'edificio a lavori di riqualificazione, che imponevano la realizzazione di un capotto termico esterno e la sostituzione dei serramenti. L'aggiudicatario del bando, con la consulenza del Politecnico di Milano, ha intrapreso un percorso che ha portato alla modifica sostanziale del capitolato d'appalto e alla realizzazione di interventi adeguati che hanno saputo migliorare significativamente il comfort termico e le prestazioni energetiche dell'edificio, rendendo economicamente e funzionalmente più sostenibile l'intervento.

Data la destinazione d'uso, l'edificio ha un alto carico interno non costante, conseguenza di un indice di affollamento elevato¹⁵. Per permettere condizioni di comfort bisogna considerare il calore sensibile legato alla differenza di temperatura e il calore latente legato all'umidità relativa, progettando un sistema di gestione e controllo di temperatura, umidità e qualità dell'aria. L'assenza di una direzione prevalente e di valori elevati di ve-

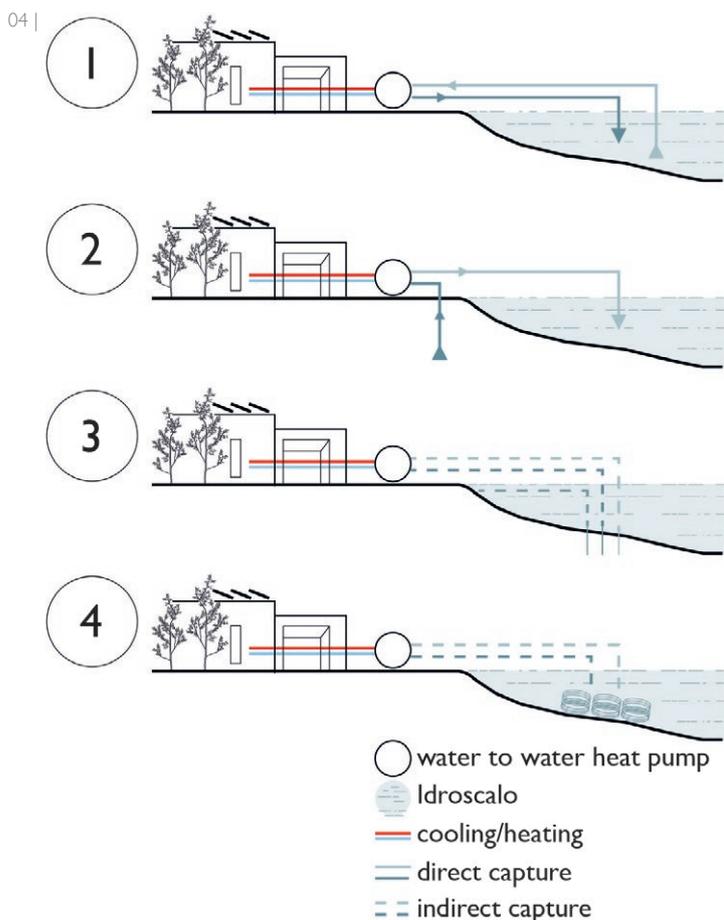
From this last reflection, the following paragraphs describe a change of scale of the investigation, moving from large water basins to an existing artificial lake created for other purposes. The case study is described as a best practice to limit the negative environmental impact of large basins.

with a volume of over 4 million cubic metres (Fig. 3).

In order to use the resource in a sustainable way, we investigated the possible methods of exploitation (Fig. 4). The first involved direct use of water, drawing it as a thermal fluid and then putting it back into the lake at the end of the cycle; the second provided a mediated way by building vertical wells that draw water from the subsoil and put it back into the seaplane base (these solutions would not affect the conditions of the existing groundwater as the water in the basin is outcropping surface groundwater). The third possible type of heat exchange involved the installation of closed vertical circuits in the depths of the ground (geothermal probes), exploiting the high thermal gradient of the exchangers in the ground saturated with water. This typology involves high construction

Energy and landscapes to be inhabited: a case study in the city of Milan

The potential strategies for exploiting an artificial water basin as energy storage are illustrated below, investigated¹² to award a tender announced by the metropolitan city of Milan. The object of the public call was redevelopment and management of a public recreational building inserted in the park of the Idroscalo basin, in the first belt of Milan¹³, as a huge potential energy resource, because of the large mass of water and, therefore, thermal capacity,



locità del vento durante tutto l'anno non permette di sfruttare la ventilazione naturale per la climatizzazione. Non vi è inoltre nelle vicinanze un punto di consegna del gas metano. Il progetto energetico si è quindi sviluppato a partire dalla risorsa idrica dell'Idroscalo come massa con cui scambiare energia ottimizzando le fonti rinnovabili (fotovoltaico in copertura).

L'uso di scambiatori e di una pompa di calore acqua/acqua è la soluzione adottata per la realizzazione di un sistema integrato di riscaldamento, climatizzazione e ventilazione in grado di garantire un ambiente ottimale per le attività dell'edificio, compatibilmente con la necessità di realizzare le opere in tempi rapidi e a costi sostenibili. Questa scelta tutela un uso razionale delle risorse perché viene dismessa la caldaia a GPL; non produce gas o fumi di scarico; tutela il paesaggio perché nulla dell'impianto è visibile e non produce inquinamento acustico o visivo.

È anche una scelta di tutela socio-culturale in quanto potrà essere un veicolo per promuovere future scelte consapevoli da parte della pubblica amministrazione e della cittadinanza al fine di mitigare gli impatti ambientali degli edifici posti in luoghi sensibili (Fig. 5).

Riflessioni: tecniche e processi per differenziare le forme energetiche

Poiché lo scopo della ricerca era rendere sostenibile il progetto da tutti punti di vista, la soluzione "imposta" dal capitolato di

appalto (cappotto) è stata messa in discussione perché la meno funzionale al tipo di edificio e al contesto. Le possibili soluzioni, infatti, sono state analizzate dal punto di vista della sostenibilità tecnica, economica e funzionale, definendo i costi iniziali, le prestazioni raggiunte e i tempi di ritorno dei vari investimenti per

costs for the involved power; therefore, the analysis from an energy point of view was not studied in depth because economic considerations effectively precluded this possibility. For the two direct collection solutions, some problems have arisen from a bureaucratic and administrative point of view (since they are inside a protected park): the collection and direct introduction of the lake's surface water present regulatory constraints linked to compliance with Decree Law 152/2006, and the authorisation process is an unknown factor in terms of outcome and implementation times.

It was necessary to study another solution for the exploitation of the Idroscalo resource, in accordance with both the existing legislative constraints and the economic and temporal feasibility of the interventions. The case described below has highlighted how

the procedural and regulatory aspect is often the major obstacle to the development and testing of non-standard technologies. Indeed, a system of horizontal geothermal probes on the bottom of a basin, unfortunately, does not find univocal regulatory characterisation. Furthermore, the water basins are often located in protected park areas where often subjective landscape decisions prevent the exploitation of a lake as a heat resource without a real environmental justification.

The "ex Rivaverde" case in Milan

The reflections on the Idroscalo basin refer to the public building ex-Rivaverde¹⁴, the subject of the public tender linking the award of the building to the redevelopment works, which required the construction of an external thermal coat and replacement of the windows.

tutti i possibili interventi, presi sia singolarmente che integrati.

Le alternative di interventi possibili sono riassunte nella tabella 1 (prima riga) con quantità (riga a), prestazione dell'elemento tecnico oggetto dell'intervento nello stato di fatto (riga b) e di progetto (riga c), costo dell'intervento su quell'elemento unitario (riga d) e totale (riga e).

La riga (f) indica lo stato di fatto prima dell'intervento. L'EPh di progetto (colonna l) viene confrontato con l'EPh limite di legge¹⁶ (colonna m) e la classe energetica (colonna n). La colonna (o) espone il costo totale dell'intervento sull'elemento tecnico indicato nelle colonne (a-i) segnati con (✓) e il tempo di ritorno dell'investimento economico (colonna p). Le colonne (q; r) rappresentano la fonte energetica e il costo della risorsa energetica impiegata per riscaldare l'edificio.

L'intervento richiesto dal bando (6) a fronte di un costo di oltre 56.000 € ha un ROI di quasi 90 anni (tempo in cui il cappotto andrebbe certamente sostituito almeno una volta) ed è pertanto un intervento senza alcun vantaggio economico.

Avrebbe forse più senso ipotizzare i soli interventi sui serramenti (7) che, a fronte di una spesa dimezzata rispetto al cappotto, avrebbe un ROI di 40 anni, comunque metà rispetto al cappotto.

Da segnalare che la sola sostituzione del generatore di calore (9), da caldaia a GPL a pompa di calore acqua/acqua avrebbe un ritorno di 6 anni.

Tutti gli interventi proposti fino al numero 12, però, non rispettano la normativa vigente all'epoca del bando in quanto l'EPh raggiunto (colonna l) è superiore al minimo di legge (colonna m). L'intervento realizzato è il (15), che consente, grazie all'isolamento termico della copertura, di ottenere migliore confort anche

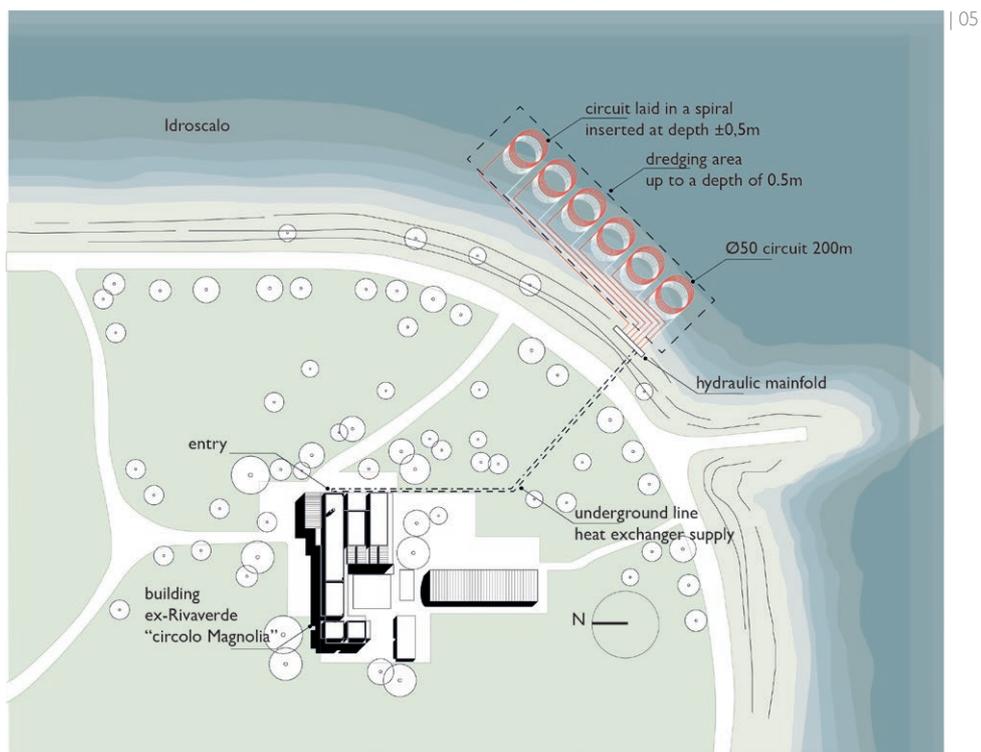
The tender winner, with the advice of the Politecnico di Milano, embarked on a path that led to the substantial modification of tender specifications, and the implementation of suitable interventions that significantly improved the thermal comfort and energy performance of the building, making the intervention economically and functionally more sustainable.

Given the intended use, the building has a high non-constant internal load, a consequence of a high crowding index¹⁵. To reach comfort conditions, it is necessary to consider the sensible heat linked to the temperature difference and the latent heat linked to the relative humidity, thus designing a management and control system for temperature, humidity and air quality. The absence of a prevailing direction and high wind speed values throughout the year does not allow the ex-

ploitation of natural ventilation for air conditioning. Furthermore, there is no methane gas delivery point nearby. The energy project has, therefore, developed starting from the water resource of the Idroscalo as a mass with which to exchange energy by optimising renewable sources (photovoltaic on the roof).

The use of exchangers and a water/water heat pump is the solution adopted for the creation of an integrated heating, air conditioning and ventilation system capable of guaranteeing an optimal environment for building activities, compatible with short working times and affordable costs. This choice safeguards a rational use of resources because the LPG heater is decommissioned; it does not produce gas or exhaust fumes; it protects the landscape because nothing of the plant is visible, and it does not produce acoustic or visual pollution.

05 | Sistema di sonde a circuito chiuso nell'Idroscalo e sequenza degli interventi: realizzazione scambiatori a spirali in tubi continui di polietilene, posizionamento e affondamento degli scambiatori, punto di inserimento delle tubazioni in acqua
 System of closed-circuit in the Idroscalo and sequence of interventions: realization of spiral exchangers in continuous polyethylene tubes, positioning and sinking of the exchangers, point of insertion of the pipes in the water



Tab. 01 | Tabella di correlazione interventi-costi-benefici
Correlation table interventions-costs-benefits

Tab. 01 |

INTERVENTION	a	b	c	d	e	f	g	h	i	l	m	n	o	p	q	r	
	Heat pump water/water	Extrados floor insulation	Extrados floor insulation	Window replacement offices (mq)	Window infill public area	Perimeter wall cladding offices	Perimeter wall cladding public area	Attic insulation against	Attic insulation against	EPh (KWh/m ² a)	EPh _{lim} (KWh/m ² a)	Energy class	total cost intervention	payback time (years)	Resource typology (G=aas ali)	Annual cost of energy resource €	
a	Quantity (mq)	1 da 115Kw	189	257	61	45	259	259	189	260							
b	Performance in the state of affairs (W/mqK)		1,362	1,362	4,131	4,127	0,499	0,499	0,362	0,362							
c	Performance in the project (W/mqK)	[COP] 4,5	0,309	0,309	2,000	0,225	0,313	0,313	0,258	0,258							
d	Unitary cost of the intervention €/mq	70.000	25	25	500	50	110	110	30	30							
e	Total cost €	70.000	4.732	6.425	30.415	2.272	28.450	28.450	5.682	7.795							
f	State of affairs	×	×	×	×	×	×	×	×	×	84,64	24,95	G	0	G	15.640	
g - COMBINATIONS OF THE ALTERNATIVES	1	×	×	×	×	×	×	×	×	✓	84,14	24,95	G	7.795	84,4	G	15.548
	2	×	×	×	×	×	×	×	×	×	84,06	24,95	G	5.682	53,0	G	15.533
	3	×	×	×	×	×	×	×	×	×	83,57	24,95	G	13.477	68,2	G	15.442
	4	×	×	×	✓	×	×	×	×	×	82,87	24,95	G	30.415	93,0	G	15.313
	5	×	×	×	×	✓	×	×	×	×	81,97	24,95	G	2.272	4,6	G	15.147
	6	×	×	×	×	×	✓	✓	×	×	81,19	24,95	G	56.901	89,3	G	15.003
	7	×	×	×	✓	✓	×	×	×	×	80,28	24,95	G	32.687	40,6	G	14.834
	8	×	✓	×	×	×	×	×	×	×	67,50	24,95	G	11.157	3,5	G	12.473
	9	✓	×	×	×	×	×	×	×	×	33,33	24,95	D	70.000	6,0	E	3.910
	10	✓	×	×	✓	✓	×	×	×	×	31,31	24,95	D	102.687	8,6	E	3.673
	11	✓	✓	✓	×	×	×	×	×	×	25,47	24,95	C	81.157	6,4	E	2.988
	12	✓	✓	✓	×	×	×	×	✓	×	25,16	24,95	C	86.839	6,8	E	2.951
	13	✓	✓	✓	×	×	×	×	✓	×	24,89	24,95	C	94.634	7,4	E	2.920
	14	✓	✓	✓	×	×	×	×	×	×	24,22	24,95	C	83.428	6,5	E	2.841
	15	✓	✓	✓	×	✓	×	×	✓	✓	23,63	24,95	C	96.905	7,5	E	2.772
	16	✓	✓	✓	✓	✓	×	×	×	×	23,42	24,95	C	113.843	8,8	E	2.747
	17	✓	✓	✓	✓	✓	×	×	✓	✓	22,83	24,95	C	127.320	9,8	E	2.678

estivo e, soprattutto, risolve definitivamente i problemi di infiltrazioni di acqua piovana. La (Fig. 6) riporta le principali caratteristiche della soluzione scelta in termini energetici/ambientali. Questo intervento è stato però possibile solo ri-convertendo i modi d'uso dell'edificio: destinato sia al pubblico che a uffici, affinché le potenze di picco non fossero troppo elevate, è stato necessario rimodulare le ore di presenza degli addetti per non

farle coincidere con i momenti di maggior afflusso del pubblico. Questa sinergia ha consentito di ridurre le potenze elettriche di picco (peraltro già non trascurabili durante gli eventi musicali a causa di luci e amplificatori) e quindi di poter a pieno sfruttare anche l'impianto fotovoltaico in copertura, limitando i costi della componente elettrica di approvvigionamento. Il sistema installato ha consentito di evitare circa 24.000 Kg di CO2

It is also a choice of socio-cultural protection as it can be a vehicle for promoting future informed choices by the public administration and citizens in order to mitigate the environmental impact of buildings located in sensitive places (Fig. 5).

Reflections: techniques and processes to differentiate energy forms

Since the purpose of the research was to make the project sustainable from all points of view, the solution "imposed" by the tender specifications (coat) was questioned because it was the least functional to the type of building and context. The possible solutions were analysed from the point of view of technical, economic and functional sustainability, defining the initial costs, the performance achieved and the payback times of the various investments for all the possible inter-

ventions, taken both individually and integrated.

The possible alternative interventions are summarised in table 1 (first line) with quantity (line a), the performance of the technical element object of the intervention in the state of affairs (line b) and project (line c), cost of the intervention on that unitary (line d) and total (line e) element.

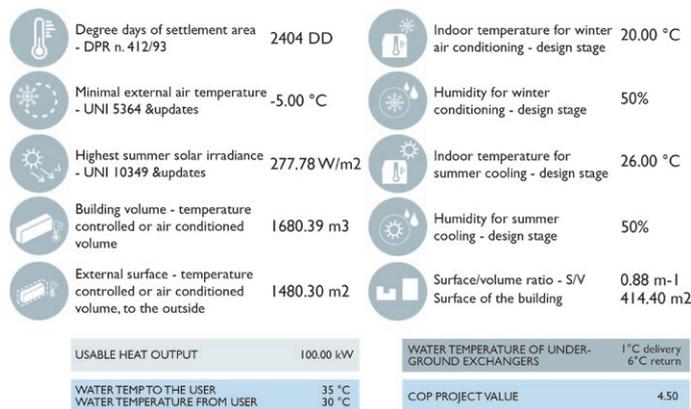
Line (f) indicates the state of affairs before the intervention. The project EPh (column l) is compared with the legal limit EPh16 (column m) and the energy class (column n). Column (o) shows the total cost of the intervention on the technical element indicated in columns (a-i), marked with (✓) and the payback time of the economic investment (column p). The columns (q; r) represent the energy source and the cost of the energy resource used to heat the building.

The intervention required by the tender (6) for a cost of over € 56,000 has a ROI of almost 90 years (time in which the coat should certainly be replaced at least once) and is, therefore, an intervention without any economic advantage.

It would perhaps make more sense to hypothesise only the interventions on the windows (7) which, in the face of a cost halved compared to the insulation, would have a ROI of 40 years, in any case half compared to the insulation. It should be noted that just replacing the heat generator (9) from LPG heater to water/water heat pump would have a return of 6 years.

However, all the interventions proposed up to number 12 do not comply with the legislation in force at the time of the announcement as the EPh reached (column l) is higher than the legal minimum (column m).

The intervention carried out is (15), which allows to obtain better comfort even in summer thanks to the thermal insulation of the roof and, above all, definitively solves the problems of rainwater infiltration. Fig. 6 shows the main characteristics of the chosen solution in energy/environmental terms. However, this intervention was only possible by re-converting the building's modes of use: intended for both the public and offices, so that the peak powers were not too high, the hours of employee presence had to be re-modulated so as not to make them coincide with the moments of greatest public presence. This synergy could reduce the peak of electrical powers (already not negligible during musical events due to lights and amplifiers) and, therefore, fully exploit the photovoltaic system on the roof as well, limiting the costs of the electrical supply factor. The



l'anno, non più prodotti in loco dalla vecchia centrale termica a GPL. Più difficile avere il totale di CO₂ prodotti dalla rete elettrica pubblica che alimenta il sistema: circa un quarto del fabbisogno, comunque, è coperto da un impianto fotovoltaico con 20 kWp.

Se negli aspetti strettamente ingegneristici il caso studio non presenta particolari difficoltà tecniche (anche se i sistemi acqua/acqua adottati e il doppio accumulo caldo/freddo che consentono di scaldare e contemporaneamente deumidificare in un sistema totalmente integrato non sono soluzioni così comuni per “taglie” di edificio così piccolo – 500 mq), tuttavia esso si presenta come un caso complesso per l'originalità dell'approccio che non ha considerato solo le questioni meramente energetiche, ma anche la possibilità di intervenire in maniera sistemica sul comportamento degli utenti, formando il personale sull'uso migliore delle risorse a disposizione e sulla particolarità del contesto ambientale. Queste scelte non sono considerabili soluzioni standard, soprattutto perché si trattava di un appalto pubblico, con un capitolato vincolante e con un budget limitato. L'accumulo energetico, sia centralizzato che locale, rappresenta una possibilità di pieno sfruttamento delle risorse rinnovabili che, insieme a comportamenti virtuosi e consapevoli degli utenti, potrà gestire questa epoca di transizione.

Nel caso studio la climatizzazione a basso consumo realizzata è facilmente replicabile e adattabile ad altri edifici a costi relativamente contenuti di installazione e gestione.

L'amministrazione pubblica, opportunamente guidata, ha saputo intraprendere percorsi virtuosi, sfruttando la multifunzionalità dei sistemi di accumulo con un'ottimizzazione dell'utilizzo dell'edificio stesso, in fasce orarie diversificate e affidando

installed system has made it possible to avoid around 24,000 kg of CO₂ per year, which is no longer produced on-site by the old LPG heating plant. It is more difficult to have the total amount of CO₂ produced by the public electricity grid that feeds the system. However, about a quarter of the requirement is covered by a 20 kWp photovoltaic system.

If, in strictly engineering aspects, the case study does not present particular technical difficulties (even if the water/water systems adopted and the double hot/cold storage that allow heating and dehumidification at the same time in a totally integrated system are not so common solutions for “sizes” of such a small building – 500 m²), however, it presents itself as a complex case. This is due to the original approach, which has not only considered purely energy issues but also the possibility of intervening systemically on the behaviour

of users by training staff on the best use of resources available and on the particular nature of the environmental context. These choices cannot be considered standard solutions, above all because it was a public tender, with binding specifications and a limited budget.

Energy storage, both centralised and local, offers a possibility of fully exploiting renewable resources which, together with virtuous and informed user behaviours, will be able to manage this era of transition.

In the case study, the low consumption air conditioning created is easily replicable and adaptable to other buildings at relatively low installation and management costs.

The appropriately guided public administration has been able to undertake virtuous paths, exploiting the multifunctional nature of the accu-

agli utenti un ruolo attivo e responsabile. L'esperienza del caso studio ha dimostrato come la sostenibilità istituzionale (senza il supporto dell'ente pubblico non si sarebbe potuto realizzare) sia di fondamentale importanza per una adeguata transizione energetica: sarebbe auspicabile, come in questo caso, insieme al contributo della committenza anche il supporto degli enti pubblici, in una sperimentazione su più larga scala che valorizzi e testi tutte le istanze di multifunzionalità di questi sistemi.

NOTE

- ¹ SDG goal 7.
- ² Ricerca PRIN “Gestione del rapporto tra sistemi energetici e paesaggio” (Unità Locale Politecnico di Milano: R.S. E. Ginelli).
- ³ Ricerca conto terzi “Linee guida per la riqualificazione ambientale ed energetica dell'edificio ex RivaVerde” (R.S. E. Ginelli, con Associazione Arci Magnolia, Città Metropolitana di Milano, consulenza ing. M. Maistrello).
- ⁴ PNIEC (Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima) prevede che entro il 2050 si dovrà raggiungere la completa decarbonizzazione e le rinnovabili dovranno raggiungere il 55% dall'attuale 22% (2022). Tuttavia, il piano è fermo al 2019 e, se fosse aggiornato agli obiettivi del New Green Deal, la capacità da installare entro il 2030 sarebbe di almeno 60 GW.
- ⁵ Su un fabbisogno stimato di circa 300 TWh annui, circa 110 TWh sono da fonte rinnovabile (42% idroelettrico, 20% fotovoltaico, 17% bioenergia, 16%

mulation systems by making the best use of the building itself, in diversified time slots, and entrusting users with an active and responsible role. The experience of the case study has shown how institutional sustainability (it could not have been achieved without the support of the public administration) plays an essential role in an adequate energy transition. As in this case, along with the client's contribution, the support of public stakeholders could be hoped for in larger-scale experimentation that enhances and tests all instances of these systems' multifunctional performance.

NOTES

- ¹ SDG goal 7.
- ² Ricerca PRIN “Gestione del rapporto tra sistemi energetici e paesaggio” (Local Unit Politecnico di Milano: R.S. E. Ginelli).
- ³ Research for third parties “Linee guida per la riqualificazione ambientale ed energetica dell'edificio ex RivaVerde” (R.S. E. Ginelli, with Associazione Arci Magnolia, Città Metropolitana di Milano, consultancy ing. M. Maistrello).
- ⁴ PNIEC (Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima) predicts that by 2050 complete decarbonisation must be achieved and renewables will have to reach 55% from the current 22% (2022). However, the plan is stuck in 2019 and, if it were updated to the objectives of the New Green Deal, the capacity to be installed by 2030 would be at least 60 GW.
- ⁵ Out of an estimated need of about 300 TWh per year, about 110 TWh are from renewable sources (42% hydroelectric, 20% photovoltaic, 17% bioenergy, 16% wind, 5% geothermal), available at: <https://www.enelgreenpower.com/it/learning-hub/energie-rinnov>

colico, 5% geotermico). Available at: <https://www.enelgreenpower.com/it/learning-hub/energie-rinnovabili/italia> (Accessed on 02/02/2023).

⁶ Dati riferiti al 2021, available at: <https://www.terna.it/it/sistema-elettrico/statistiche/pubblicazioni-statistiche> (Accessed on 02/02/2023).

⁷ <https://www.scienzainrete.it/articolo/transizione-energetica-nodi-della-rete/riccardo-lo-bue/2022-10-10>, (Accessed on 28/01/2023).

⁸ Available at: <https://www.power-technology.com/marketdata/arlanda-airport-aquifer-thermal-energy-storage-system-sweden/>, (Accessed on 28/01/2023).

⁹ Available at: <https://www.swedavia.com/about-swedavia/the-aquifer/#gref>, (Accessed on 28/01/2023).

¹⁰ Available at: <https://solarthermalworld.org/news/denmark-37-mw-field-203000-m3-storage-underway/>, (Accessed on 28/01/2023).

¹¹ Available at: <https://re100.eng.anu.edu.au/global/>, (Accessed on 28/01/2023).

¹² Diverso dai casi ATEs, dove il bacino è nella falda acquifera sottoterra, questo caso è interessante perché il bacino in questione è in un contesto antropizzato e non necessita di strutture o modifiche per essere utilizzato.

¹³ Realizzato attorno al 1930 come pista per gli idrovolanti, mai usato per tale scopo e oggi ospita un parco con servizi ricreativi e sportivi.

¹⁴ Edificio nato negli anni 80 per attività estive e ricreative (eventi musicali, laboratori, corsi musicali, letterari e teatrali, ospitando 200 persone in inverno e 800 in estate).

¹⁵ Sala di pubblico spettacolo.

¹⁶ Vigente all'epoca dell'intervento.

abili/italia, (Accessed on 02/02/2023).

⁶ Data referring to 2021, available at: <https://www.terna.it/it/sistema-elettrico/statistiche/pubblicazioni-statistiche> (Accessed on 02/02/2023).

⁷ Available at: <https://www.scienzainrete.it/articolo/transizione-energetica-nodi-della-rete/riccardo-lo-bue/2022-10-10>, (Accessed on 28/01/2023).

⁸ Available at: <https://www.power-technology.com/marketdata/arlanda-airport-aquifer-thermal-energy-storage-system-sweden/>, available at: (Accessed on 28/01/2023).

⁹ Available at: <https://www.swedavia.com/about-swedavia/the-aquifer/#gref> (Accessed on 28/01/2023).

¹⁰ Available at: <https://solarthermalworld.org/news/denmark-37-mw-field-203000-m3-storage-underway/>, (Accessed on 28/01/2023).

¹¹ Available at: <https://re100.eng.anu.edu.au/global/>, (Accessed on 28/01/2023).

¹² Unlike ATEs cases, where the basin is in the underground aquifer, this case is interesting because the basin in question exists in an anthropised context and does not need structures or modifications to be used.

¹³ Built around 1930 as a seaplane track, never used for this purpose, today it houses a park with many recreational and sports facilities.

¹⁴ Building constructed in the 1980s for recreational summer activities (musical events, workshops, music, literature and drama courses, hosting 200 people in winter and 800 in summer).

¹⁵ Public entertainment hall.

¹⁶ Valid at the time of the intervention.

REFERENCES

Andersson, O. (2012), *The ATEs Project at Stockholm Arlanda Airport – Technical design and environmental assessment*, SWECO Environment AB, Malmö.

Bu, X., Jiang, K. and Guo, Z. (2022), “Storing high temperature solar thermal energy in shallow depth artificial reservoir for space heating”, *Scientific Reports*, 12, Vol. 1.

Campagna, N., Caruso, M., Castiglia, V., Miceli and Viola, F. (2020), “Energy management concepts for the evolution of smart grids”, in *8th International Conference on Smart Grid, icSmartGrid 2020*, pp. 208-213.

Daglio, L. and Ginelli, E. (2018), “The architecture of energy systems between technological innovation and environment”, *City Territ Archit*, Vol. 5, n.12.

Liberatore, R. and Mongibello, L. (2020), “Tecnologie e sistemi per l'accumulo termico”, *Energia e Green New Deal*, n. 2.

Ramos-Escudero, A. and Bloemendal, M. (2022), “Assessment of potential for aquifer thermal energy storage systems for Spain”, *Sustainable Cities and Society*, Vol. 81.

Schüppler, S., Fleuchaus, P. and Blum, P. (2019), “Techno-economic and environmental analysis of an Aquifer Thermal Energy Storage (ATES) in Germany”, *Geotherm Energy* 7, Vol. 11.

Stemmler, R., Hammer, V., Blum, P. and Menberg, K. (2022), “Potential of low-temperature aquifer thermal energy storage (LT-ATES) in Germany”, *Geothermal Energy*, Vol. 10, n.1.

Franco Guzzetti, <https://orcid.org/0000-0001-6835-3337>

Francesca Biolo, <https://orcid.org/0000-0003-4327-8435>

Dipartimento di Architettura, Ingegneria della Costruzioni e Ambiente Costruito, Politecnico di Milano, Italia

franco.guzzetti@polimi.it

francesca.biolo@polimi.it

Abstract. La ricerca tratta di un sistema di monitoraggio delle dinamiche di consumo residenziali dei centri urbani sulla base dei dati già a disposizione degli enti locali (piattaforma Siatel – Sistema d'interscambio anagrafe tributarie enti locali). La creazione del Building Information System (BIS) mette a disposizione dell'ente locale uno strumento che informa in modo consapevole e critico sull'andamento energetico della città nel suo insieme. Monitorando negli anni il consumo cittadino di gas metano ed energia elettrica il BIS quantifica gli effetti di tutti gli interventi edilizi sugli involucri degli edifici, tenendo conto sia dell'influenza delle condizioni ambientali (gradi giorno) sia del reale comportamento energetico dei residenti.

Parole chiave: Consumi energetici; Gradi giorno; Monitoraggio; Building Information System; Riqualificazione edilizia.

Introduzione

Il lavoro proposto propone uno strumento di supporto per il monitoraggio delle dinamiche energetiche dei nuclei urbani residenziali. Prende origine dalla ricerca svolta per Cogeser s.p.a. nell'ambito di un Contratto di Ricerca del Dipartimento ABC del Politecnico di Milano. Obiettivo di tale ricerca era quello di predisporre un cruscotto di lavoro per l'analisi energetica urbana di una città, che potesse arrivare ad una stima delle potenzialità di riqualificazione energetica dei singoli edifici in modo da approfondire poi, tramite una più accurata modellazione BIM (Building Information Modelling) degli stessi, gli interventi possibili e predisporre piani edilizi sostenibili di intervento.

In tale ricerca si è analizzato il comportamento energetico degli edifici della città scelta come caso studio in termini di consumi energetici (Nouvel *et al.*, 2014, Caputo and Pasetti, 2015), geolocalizzando i consumi energetici e mettendoli in rapporto con altri indicatori del comportamento degli edifici e dei loro abi-

tanti. Il risultato permette di attivare un puntuale monitoraggio dell'andamento energetico cittadino rispetto ai parametri ambientali stagionali.

Lo strumento è destinato in primo luogo agli enti locali. Lavorando su dati esistenti e disponibili per le città non richiede investimenti per recuperare ulteriori informazioni e supporta i decisori nella transizione energetica (Dall'O' *et al.*, 2013), in particolare nella riqualificazione degli edifici (Caputo, Costa and Ferrari, 2013) e nella lotta agli effetti del cambiamento climatico (isole di calore). Per le ESCo (Energy Service Company), il BIS permette di individuare gli ambiti ove gli interventi di riqualificazione possono massimizzare gli effetti sulla riduzione dei consumi energetici e della produzione di CO₂.

Il BIS si pone come importante elemento sintetico di monitoraggio del comportamento energetico della città nel suo insieme (Agugiario *et al.*, 2018), con la possibilità di approfondire particolari ambiti urbani.

La geolocalizzazione dei consumi energetici degli edifici

L'elemento chiave che permette il funzionamento del BIS sta nella geolocalizzazione dei consumi energetici, cioè nell'associare ad ogni edificio una serie di informazioni, in particolare il consumo annuo di gas metano e di energia elettrica.

La geolocalizzazione dei consumi energetici si è basata sulle seguenti banche dati esistenti e disponibili (Pasquinelli *et al.*, 2019), relativi a un comune lombardo di poco più di 18000 abitanti:

- il database topografico comunale (DBT) quale riferimento geografico (CISIS, 2015);

Introduction

This paper proposes a support tool to monitor the energy dynamics of residential urban nuclei. It originates from the research carried out for Cogeser s.p.a. under a Research Contract of the ABC Department of the Politecnico di Milano. The research aimed to prepare a working dashboard for the urban energy analysis of a city, which could estimate the energy redevelopment potential of individual buildings. All this had to lead to deepening, through more accurate BIM (Building Information Modelling) modelling, the possible interventions and to preparing sustainable building plans.

This research analysed the energy behaviour of buildings in the city chosen as a case study in terms of energy consumption (Nouvel *et al.*, 2014, Caputo and Pasetti, 2015), geo-localising energy consumption related to other indi-

cators of the performance of buildings and their inhabitants' habits. The result makes it possible to activate timely monitoring of the city's energy trend with respect to seasonal environmental parameters.

The tool is primarily intended for local authorities. By working on existing and available data for cities, it does not require investments to retrieve additional information and supports decision-makers in the energy transition (Dall'O' *et al.*, 2013), particularly in upgrading buildings (Caputo, Costa and Ferrari, 2013) and combatting the effects of climate change (heat islands). For ESCo (Energy Service Company), BIS allows them to identify the areas where redevelopment interventions can maximise the effects of reducing energy consumption and CO₂ production. BIS is an important synthetic element for monitoring the energy behaviour

BIS to optimise consumption monitoring and redevelopment interventions

Abstract. The research deals with a monitoring system for the residential consumption dynamics of urban centres, based on data already available to local authorities (Siatel platform – Sistema d'interscambio anagrafe tributarie enti locali). The creation of the Building Information System (BIS) provides the local body with a tool that provides informed and critical particulars about the energy trend of the city as a whole. By monitoring the city's consumption of methane gas and electricity over the years, BIS quantifies the effects of all interventions on building envelopes, taking into account both the influence of environmental conditions (degree days) and the actual energy behaviour of residents.

Keywords: Energy consumption; Degree days; Monitoring; Building Information System; Building redevelopment.

- le mappe catastali aggiornate scaricabili dall'apposito servizio dell'Agenzia delle Entrate;
- i civici georiferiti del comune;
- il dato anagrafico per conoscere la posizione geografica di tutti i residenti (ISTAT, 2014).

Occorre approfondire alcune caratteristiche di tali banche dati. Il DBT negli ambiti urbani è alla scala 1:2000, adeguato a un collegamento corretto con il dato catastale. Attualmente tutti gli ambiti urbanizzati d'Italia sono dotati di un DBT adeguato agli scopi del presente lavoro; normalmente il DBT ha aggiornamenti correlati alle varianti generali alla pianificazione urbana. La struttura dati DBT risponde a pieno agli standard INSPIRE relativi all'informazione geografica.

Le mappe catastali sono una delle informazioni geografiche che a livello nazionale possiedono strutturalmente le regole per essere aggiornate nel giro di poche settimane dall'avvenuta trasformazione edilizia. Il dato catastale permette il collegamento al possessore del bene, fondamentale per ogni avvio di procedimento edilizio, compresa l'eventuale riqualificazione energetica.

I civici georiferiti sono l'elemento chiave per il collegamento con i residenti che con il loro modo di vita determinano in parte il consumo energetico all'interno di ogni edificio. Si ritiene fondamentale un attento lavoro preliminare per georiferire i civici in stretto rapporto con i dati dei residenti (anagrafe comunale) e delle attività commerciali, andando a risolvere le classiche incongruenze fra tali banche dati. I potenti strumenti di Geocoding non forniscono risultati sufficientemente robusti per un completo collegamento con le banche dati anagrafiche (Guzzetti *et al.*, 2014).

of the city as a whole (Agugiaro *et al.*, 2018), with the possibility of delving into particular urban areas.

Geolocalisation of a building's energy consumption

The key element that allows operation of the BIS lies in the geolocalisation of energy consumption. It consists in associating each building with a series of information, particularly the annual consumption of methane gas and electricity.

Geolocalisation of energy consumption was based on the following existing and available databases (Pasquinelletti *et al.*, 2019) relating to a Lombard municipality of just over 18,000 inhabitants:

- the municipal topographic database (DBT) as a geographical reference (CISIS, 2015);
- updated cadastral maps download-

able from the specific service of the Italian Revenue Agency;

- the georeferenced civic numbers of the municipality;
- the registry data, to know the geographical position of all residents (ISTAT, 2014).

It is necessary to study their characteristics.

The DBT, in urban areas, has a scale of 1:2000, which is adequate for proper connection with cadastral data. Currently, all Italian urbanised areas have a DBT, which is adequate for this work's purpose. The DBT usually has updates related to general variants of urban planning. The DBT data structure fully meets INSPIRE standards relating to geographic information.

Cadastral maps are geographic information that, on a national level, structurally possess the rules to be updated within a few weeks of a build-

Utilizzando l'applicativo UrbanSpaces di R3-Gis (Guzzetti *et al.*, 2011) sono state create le pertinenze urbanistiche secondo la loro definizione: è lo spazio all'interno del quale un privato possessore può esercitare tutti i diritti di possesso sui suoi beni immobili. Si tratta di un processo semiautomatico, quindi dispendioso in termini di tempo lavoro, che però risulta estremamente utile per molte attività proprie delle amministrazioni comunali, prima fra tutte la redazione di varianti ai PRG coerenti con un po' tutti gli aspetti coinvolti in tali processi. Una pertinenza risulta alla fine essere l'insieme di una o più particelle catastali con all'interno uno o più edifici del DBT (fabbricati per il catasto) collegati a uno o più accessi esterni (con o senza numero civico), posizionati su una o più vie. Grandi città (ad esempio Milano) utilizzano le pertinenze per numerosi servizi, avendole integrate al proprio GIS (Geographic Information System). Anche per città molto più grandi di quella utilizzata come test, la creazione delle pertinenze è da considerare uno degli strati informativi più importanti; le pertinenze sono previste a livello nazionale anche fra gli strati del DBT.

I consumi energetici disponibili nelle banche dati Siatel sono stati collegati in ambiente ArcGIS alle pertinenze. Disponibili per ogni comune italiano e per ogni anno di fornitura, essi sono relativi ai consumi di gas metano e di energia elettrica (di recente anche di acqua potabile) di ciascun utente. Sono riferiti al POD (Point of Delivery) e al PdR (Punto di Riconsegna), veri e propri indirizzi corrispondenti all'attacco della rete di distribuzione con la singola utenza. POD e PdR non cambiano nel tempo, mentre può cambiare il tipo di contatore, l'utente che utilizza l'appartamento, il fornitore di energia. Una volta quindi

ing's transformation. Cadastral data allow to connect with the asset's owner, which is essential to initiate any building process, including any energy upgrading.

Georeferenced house numbers are the key element for linking with residents, whose way of life partly determines the energy consumption within each building. Careful preliminary work is essential to georeference the house numbers and relate them to the data of residents (municipal registry) and businesses. It makes it possible to fix classic inconsistencies between these databases. Powerful Geocoding tools do not provide sufficiently robust results for complete linkage with master databases (Guzzetti *et al.*, 2014).

Using the UrbanSpaces application of R3-Gis (Guzzetti *et al.*, 2011), the urban appurtenances were created according to their definition. An ap-

purtenance is the space within which a private owner can exercise all tenure rights on his real estate. It is a semi-automatic process; therefore, it is time-consuming in terms of labour. Elsewhere it is extremely useful for many activities typical of municipal administrations, the first being the possibility of drafting variants to PRGs, consistent with almost all aspects involved in such processes. An appurtenance is the set of one or more cadastral parcels with one or more DBT buildings (buildings for the cadastre) connected to one or more external accesses (with or without house number), positioned on one or more streets. Large cities (e.g. Milan) use appurtenances for several services, having them integrated into their GIS (Geographic Information System). Even for cities much larger than the one used as a test, the creation of appurtenances must be

collegati tutti i POD e i PdR corrispondenti alle connessioni di tutti gli appartamenti che fanno parte degli edifici di una pertinenza, è possibile conoscere il consumo di energia elettrica e di gas metano per ciascuna pertinenza in ognuno degli anni di fornitura. Nell'esempio descritto si è lavorato con i dati di consumo reale dal 2012 al 2018.

La geolocalizzazione dei consumi va eseguita in modo manuale per il primo anno, anche per risolvere le incongruenze del dato Siatel usando le informazioni ad esso collegate, sino ad assegnare tutti i POD e i PdR. Per gli altri anni, sfruttando come chiave di collegamento il POD/PdR, il 90% circa dei consumi si collega in modo automatico. Occorre ricordare che in una città di circa 18000 abitanti sono circa 10000 i PdR e 12000 i POD; si parla quindi di grandi numeri di utenze.

L'esito di questa prima parte di lavoro porta a visualizzazioni interessanti: i consumi per ogni pertinenza possono essere rappresentati in valore assoluto (m^3 di gas e kWh di energia elettrica) (Fig. 1), ma anche in consumi pro-capite (Fig. 2) sfruttando il collegamento con i residenti. Si possono estrarre i consumi al m^3 di edificio o al m^2 di superficie lorda di pavimento, utilizzando i dati volumetrici degli edifici ricavati dal catasto e dal DBT.

Questi dati di consumo dipendono dalle caratteristiche energetiche degli edifici, dal comportamento dei residenti (dal numero di ore di utilizzo dell'appartamento e dal comfort climatico mantenuto nel singolo appartamento) e dalle condizioni climatiche. A partire da questa considerazione è stata svolta la specializzazione di seguito descritta per valutare l'interazione fra consumi e condizioni ambientali di tutta la città.

considered one of the most important information layers. Appurtenances are also provided nationally among the DBT layers.

Energy consumption, available in the Siatel databases, has been connected in the ArcGIS environment to the appurtenances. They are for each Italian municipality and each year of supply, and they relate to the consumption of methane gas and electricity (recently also to drinking water) of each user. They refer to the POD (Point of Delivery) and the PdR (Point of Delivery). They are actual addresses corresponding to the specific junction of the distribution system with the single user. POD and PdR do not change over time, while the type of meter, apartment user, and energy supplier may change. Therefore, once all the PODs and RDPs, corresponding to the connections of all the apartments that are

part of the buildings of an appurtenance, are associated, it is possible to know the electricity and methane gas consumption for each appurtenance in each of the years of supply. The example described presents activities concerning consumption data from 2012 to 2018.

Geolocalisation of consumption must be carried out manually for the first year. Moreover, it is used to solve inconsistencies in the Siatel data using the information linked to it until all the POD and PdR are assigned. For the other years, using the POD/PdR as a key, about 90% of the consumption is connected automatically. It must be said that in a city of about 18,000 inhabitants, there are about 10,000 PdR and 12,000 POD. Therefore, we are talking about large numbers of utilities.

The outcome of this first part of the

Misura dell'effetto climatico sui consumi di gas metano

Nella città analizzata i consumi domestici sono circa il 70% dei consumi cittadini di gas metano. A seguito della geolocalizzazione, sfruttando le pertinenze, si sono presi in considerazione i soli consumi di gas metano degli edifici residenziali.

Il consumo totale di gas metano delle abitazioni all'interno della città deriva dal riscaldamento invernale ma anche dall'utilizzo prettamente domestico (acqua calda e punti cottura). L'interazione fra i consumi di gas e la componente climatica deve tener conto dei soli consumi relativi al riscaldamento. Si è quindi optato per la correzione dei consumi di ciascun edificio sulla base di un fattore standard ad abitante, noto in letteratura e impiegato per tali stime, e del numero di residenti derivante dal collegamento con l'anagrafe. Sono stati tolti 800 kWh anno per ciascuno dei 18300 abitanti, corrispondenti a poco più di $73 m^3$ di gas/anno per persona. Ciò corrisponde a eliminare dal totale del consumo cittadino $1338208 m^3$ di gas per anno. Dopo questa correzione all'interno di ciascuna pertinenza del BIS è determinabile il consumo di gas per il solo riscaldamento.

I dati climatici derivano dal progetto ClimaMi. La centralina meteorologica si trova al centro della città analizzata e fa parte della rete di stazioni della FOMM (Fondazione Osservatorio Meteorologico Milano Duomo). I gradi giorno corrispondono alla sommatoria, estesa a tutti i giorni di un anno, della differenza fra i $20^\circ C$ (temperatura di riferimento invernale) e la temperatura media esterna giornaliera. I dati forniti per ciascun mese sono stati cumulati per ogni anno.

Il legame esistente fra gradi giorno e m^3 di gas consumati è evidente (Fig. 3). Approfondendo il rapporto fra il consumo in m^3

work leads to interesting visualisations: consumption for each appurtenance can be represented in absolute value (m^3 of gas and kWh of electricity) (Fig. 1), but also in per capita consumption (Fig. 2) by exploiting the link with inhabitants. It is possible to extract the consumption per m^3 of building or m^2 of gross floor area by using the volumetric data of the buildings obtained from the cadastre and the DBT.

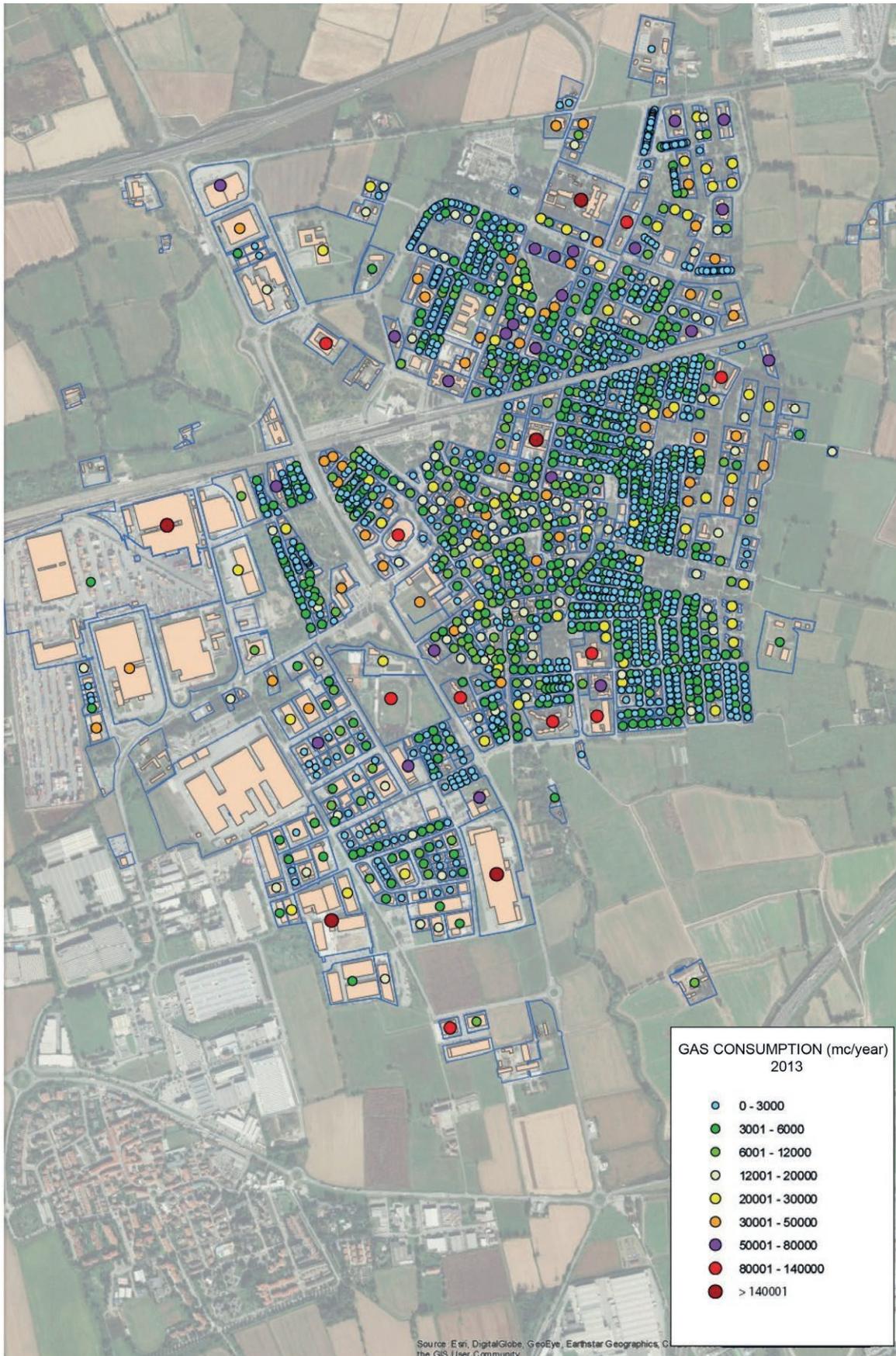
These consumption data depend on the energy features of buildings, the occupants' behaviour (the number of hours of apartment use and the climatic comfort maintained in the individual unit), and the climate conditions. Starting from this consideration, the in-depth study described below was carried out to assess the interaction between consumption and environmental conditions throughout the city.

Measurement of climatic effect on methane gas consumption

In the analysed city, household consumption is about 70% of the city's methane gas consumption. As a result of geolocalisation, taking advantage of appurtenances, only the methane gas consumption of residential buildings was considered.

The total methane gas consumption of dwellings within the city derives from winter heating and purely domestic use (hot water and stoves). The interaction between gas consumption and the climatic component must examine only heating-related usage. Therefore, it was deemed necessary to correct the value of each building based on a precise standard factor per inhabitant, known in the literature and used for these estimates, and the number of residents deriving from the connection with the civil registry. 800 kWh

01 |





Tab. 01 | Indicazione annuale dei consumi di gas metano (totali e per il solo riscaldamento) e le correlazioni con i gradi giorno
Annual indication of methane gas consumption (total and for heating only) and correlations with degree days

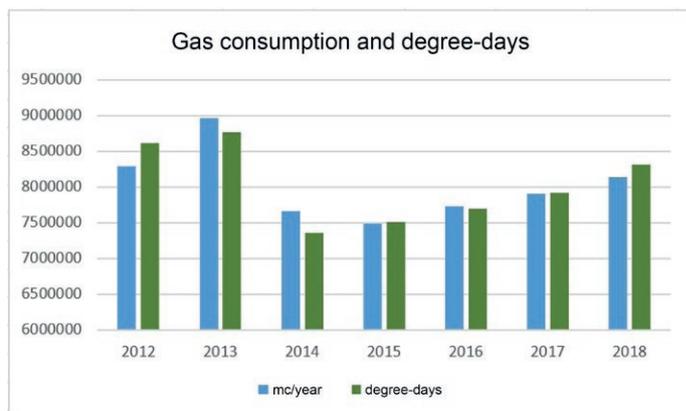
Tab. 02 | Confronto dei dati annui di consumo e gradi giorno (e relativi rapporti) di sei pertinenze tra il 2013 e 2019
Comparison of annual consumption and degree days data (and related reports) of six apparturances between 2013 and 2019

per il solo riscaldamento e i gradi giorno, per ogni anno di studio (Tab. 1) si ottiene il valore medio di quanti m³ corrispondono a ogni grado giorno. Stimando media e varianza dei valori di m³/grado (ultima colonna) si ottiene un valore molto stabile: (3702 ± 97) m³/°C. Nonostante il livello basilare della correlazione ricercata, il basso valore di sqm indica una popolazione molto concentrata sul valore medio che risulta quindi estremamente attendibile.

Il dato è significativo: con lo stato attuale degli edifici (al 2018, prima degli importanti e massivi interventi per il contenimento energetico avviati a seguito dei contributi statali) e con i comportamenti in atto nella città (sia il confort che ognuno vuol tenere all'interno del suo appartamento, sia le ore di uso e di riscaldamento di ogni utente in funzione del tipo di vita) (Strzalka, Bogdahn and Eicker, 2010), la città consuma 3702 m³ di gas metano per ogni grado giorno.

Dopo una estesa e profonda riqualificazione energetica degli edifici il valore di consumo per grado giorno dovrebbe risultare più basso. Lo stesso risultato si dovrebbe ottenere migliorando la sensibilità sull'uso accorto del riscaldamento domestico. È quindi un indice di performance oggettivo sull'effetto degli interventi edilizi per migliorarne il rendimento energetico (Dall'O' et al., 2012). Proporzionale è la riduzione di produzione di CO₂ in ambito urbano dove maggiori sono gli effetti negativi della combustione.

Il dato è teoricamente confrontabile fra differenti città, nel caso adottino la stessa procedura di monitoraggio; quelle con edifi-



Year	mc gas total	mc gas heating	Degree - days	mc/degree
2012	9628523	8290315	2330	3558
2013	10298345	8960137	2371	3778
2014	9003722	7665514	1989	3855
2015	8831874	7493666	2032	3688
2016	9068617	7730409	2079	3718
2017	9241311	7903103	2140	3694
2018	9478570	8140362	2246	3624

ci di qualità energetica superiore dovrebbero risultare con una dipendenza dai gradi giorno inferiore rispetto a città con edifici meno performanti.

L'analisi sopra descritta è stata poi dettagliata a un limitato campione di pertinenze, sempre sfruttando la geolocalizzazione dei consumi (Tab. 2). Nel dettaglio del singolo edificio (o di più edifici della stessa pertinenza) entrano in gioco tutti i fattori che differenziano un edificio dall'altro. La tabella mostra come esempio sei differenti pertinenze urbane; per ognuna di esse è riportato il numero di residenti, il consumo annuo e il consumo

Tab. 02 |

Year	Degree days	Pert 928 Inhabitants 30			Pert 263 Inhabit. 50			Pert 388 Inhabit. 180		
		mc	mc heating	mc/°	mc	mc heat.	mc/°	mc	mc heat.	mc/°
2013	2371	13210	11016	4,65	24621	20965	8,84	80533	67370	28,41
2014	1989	11541	9347	4,70	22228	18572	9,34	71902	58739	29,53
2015	2032	11866	9672	4,76	24665	21009	10,34	76507	63344	31,17
2016	2079	12120	9926	4,77	27079	23423	11,27	79049	65886	31,69
2017	2140	11046	8852	4,14	27621	23965	11,20	78373	65210	30,47
2018	2246	11375	9181	4,09	28127	24471	10,90	84282	71119	31,66
			mean	4,52		mean	10,31		mean	30,49
			stan. dev.	0,29		sd	0,93		sd	1,19

Year	Degree days	Pert 397 Inhabit. 38			Pert 463 Inhabit. 43			Pert 967 Inhabit. 119		
		mc	mc heat.	mc/°	mc	mc heat.	mc/°	mc	mc heat.	mc/°
2013	2371	21636	18857	7,95	16935	13791	5,82	77712	69010	29,11
2014	1989	19655	16876	8,48	15115	11971	6,02	68354	65210	32,79
2015	2032	19824	17045	8,39	15920	12776	6,29	65189	62045	30,53
2016	2079	23536	20757	9,98	16752	13608	6,55	58056	54912	26,41
2017	2140	22799	20020	9,36	16820	13676	6,39	57240	54096	25,28
2018	2246	24256	21477	9,56	17244	14100	6,28	56224	53080	23,63
			mean	8,95		mean	6,22		mean	27,96
			sd	0,72		sd	0,24		sd	3,15

depurato al solo riscaldamento. Per ogni pertinenza urbana è calcolato il valore di consumo per grado giorno. Per i sei anni considerati viene determinato il valore medio e il relativo sqm. Come si può notare le prime cinque pertinenze urbane denotano consumi diversi (perché diversi sono la forma, il volume, il materiale, l'impianto, ecc.), ma lo sqm è relativamente piccolo rispetto al valore medio dei m³ di gas per grado giorno. L'ultima pertinenza, dove nel 2016 è stata sostituita la vecchia caldaia, denota da quell'anno una dipendenza con i gradi giorno inferiore di circa il 20%, solo per effetto di tale intervento.

Il monitoraggio dei consumi reali permette di quantificare oggettivamente il risparmio in termini di m³ di gas consumato all'anno e di CO₂ prodotta in loco. Il processo rende possibile la valutazione oggettiva dell'effetto degli interventi sugli edifici. Si potrebbe anche monitorare in modo oggettivo l'analogo effetto di un miglioramento comportamentale degli utilizzatori a seguito di una precisa azione educativa in tal senso. L'ultima tabella descritta mostra come la geolocalizzazione dei consumi consente di stimare altri parametri (consumo per m³ di costruzione, per abitante, ecc.) che a loro volta permettono una profonda e dettagliata analisi del patrimonio edificato, sempre dal punto di vista energetico. Ciò può guidare azioni mirate per i processi di miglioramento delle caratteristiche energetiche degli edifici.

La misura dell'effetto climatico sui consumi di energia elettrica

raffrescare gli ambienti.

Si è considerato che il consumo elettrico annuale (tali sono i

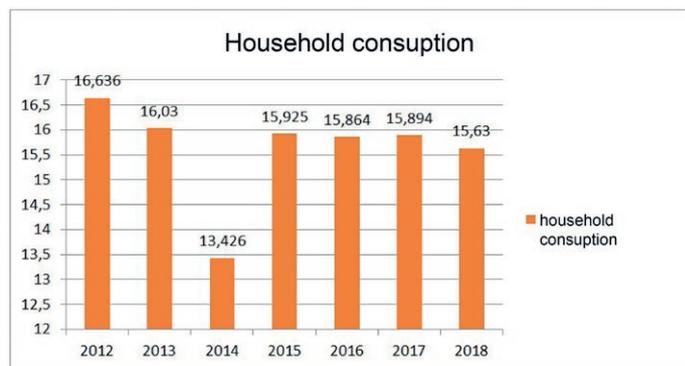
Procedimento equivalente è stato seguito per la valutazione di quanta energia elettrica venga consumata in estate per raf-

per year have been removed for each of the 18,300 dwellers, corresponding to slightly more than 73 m³ of gas/year per person. It is equivalent to removing 1,338,208 m³ of gas per year from the total city consumption. Gas consumption for heating purposes can be derived after this correction within each BIS appurtenance.

Climate data originate from the Climami project. The meteorological station is located in the centre of the analysed city and is part of the FOMM (Fondazione Osservatorio Meteorologico Milano Duomo) network of stations. Degree days correspond to the total, extended to all days of a year, to the difference between 20°C (winter reference temperature) and the average daily outdoor temperature. The data provided for each month have been cumulated for all the years studied. The correlation between degree days

and m³ of gas consumed is evident (Fig. 3). Deepening the relationship between m³ consumption for heating only and degree days, the average value of how much m³ corresponds to each degree day is obtained for each year (Tab. 1). Estimating the mean and variance of the m³/degree values (last column) yields a very stable number: (3702 ± 97) m³/°C. Despite the basic level of correlation sought, the low standard deviation score indicates a population highly concentrated on the average value, which is, therefore, extremely reliable.

The datum is significant: with the current state of the buildings (as of 2018, before the substantial and massive energy containment interventions initiated as a result of government grants) and with the present behaviours in the city (both the comfort that everyone wants to keep inside the apartments,



dati Siatel e quindi non è possibile estrapolare il dato dei soli mesi caldi) fosse di fatto suddiviso in una parte domestica (illuminazione, elettrodomestici vari, ecc.) che non dipende dalla temperatura estiva esterna e in una parte utilizzata per il raffrescamento degli ambienti. Si ipotizza di scarso rilievo il contributo delle pompe di calore azionate in inverno; in effetti al 2018 risultavano pochi casi di installazione, mentre ora si sono diffuse in maniera significativa.

Va anche premesso che nella città test i consumi domestici di energia elettrica (figura 4 con valori in GWh) sono mediamente pari a un quarto di quelli non domestici. Tali consumi sono confrontati con l'andamento dei gradi giorno estivi per ogni anno (Fig. 5), sempre forniti dalla FOMM e relativi alla centralina presente nella città, che tengono conto della differenza fra i 25° di riferimento e la temperatura esterna percepita, a sua volta funzione dell'umidità relativa e della temperatura dell'aria. Come si può notare la relazione fra consumi di energia elettrica e gradi giorno non è istintivamente evidente come appariva per il consumo di gas metano per il riscaldamento invernale perché nei consumi rimangono presenti i fattori domestici prima ricordati.

Il lavoro ha quindi richiesto un'analisi più raffinata ai minimi quadrati per scindere la stima del consumo domestico da quella per il raffrescamento correlata con i gradi giorno. Ipotizzan-

and the hours of use and heating of each user according to the type of lifestyle) (Strzalka, Bogdahn and Eicker, 2010), the city consumes 3702 m³ of methane gas per degree day.

After extensive and deep energy requalification of buildings, the consumption value per degree day should be lower. The same result should appear by improving the sensitivity to the judicious use of home heating. It is thus an objective performance index on the effect of building interventions to improve energy performance (Dall'O' *et al.*, 2012). The reduction in CO₂ production in urban areas where the negative effects of combustion are greater is proportional.

The information is theoretically comparable between various cities, if they adopt the same monitoring procedure. Those with higher energy quality buildings should result in a lower de-

gree days dependency than cities with less-performing buildings.

The above analysis was then detailed to a limited sample of appurtenances, continuing to exploit the geolocalisation of consumption (Table 2). All factors that differentiate one building from another come into play in the single-building detail (or of several buildings of the same appurtenance). The table presents an example of six different urban appurtenances. The number of residents, the annual consumption and the consumption purified to heating only are shown for each of them. The consumption value per day degree is calculated for each urban appurtenance. For the six years considered, the work made it possible to extract the average value and the relative standard deviation. As you can see, the first five urban appurtenances denote differences in consumption (because

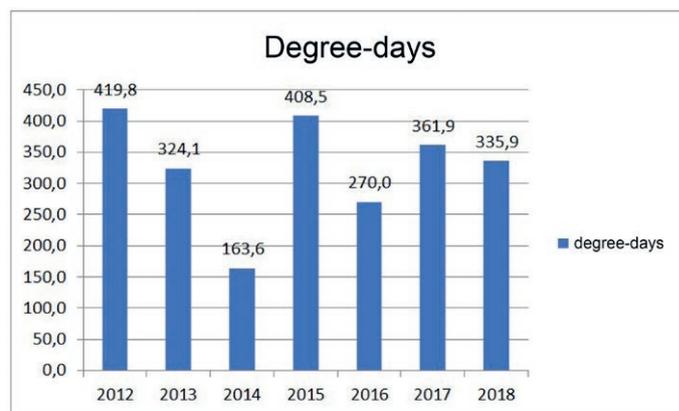
do che i consumi urbani di energia elettrica siano composti da una parte maggioritaria E_k che non dipende dalla temperatura estiva e da una parte E_p invece in qualche modo proporzionale ai gradi giorno estivi, si può arrivare a scrivere una equazione del tipo:

$$E_k + GG * E_p = E_{Tot}$$

GG indica i gradi giorno estivi mentre E_{Tot} è l'energia elettrica totale consumata nell'anno, sono entrambi i dati del problema. Sui sette anni per i quali si hanno i dati, emerge un consumo fisso annuale, indipendente dalle temperature, pari a 11813,26 MWh. Una seconda parte è invece proporzionale ai gradi giorno pari a 11,06 MWh per ciascun grado giorno, che per l'intero anno vale 4040,26 MWh. La stima di tali risultati presenta un livello di attendibilità più basso rispetto a quello definito per il riscaldamento invernale. Il dato che emerge è in ogni caso interessante perché la quantità di energia elettrica consumata per il raffrescamento è pari al 25,5% del consumo totale annuo. Nei sette anni considerati si sono registrate giornate molto afose con sino a 11 gradi giorno: in tali giornate il consumo medio di energia elettrica che non dipende dai gradi giorno è pari a circa 32,36 MWh mentre la parte che serve a combattere il calore risulta pari a circa 121,76 MWh, cioè approssimativamente quattro volte tanto. Nelle giornate di caldo afoso i consumi di energia elettrica per il raffrescamento dei soli ambienti domestici è pari a circa quattro volte il normale consumo di energia elettrica. Questo dato fa capire come sia fondamentale anche nel periodo estivo avere edifici performanti rispetto al caldo e poter diminuire fenomeni locali di surriscaldamento urbano.

the shape, volume, materials, systems, etc. are different). Otherwise, the standard deviation is relatively small compared to the average value of m^3 of gas per degree day. The last case, where in 2016 an old boiler was replaced, denotes a lower dependence with degree days by about 20% since that year, only due to that intervention. Monitoring consumption makes it possible to objectively quantify savings in terms of m^3 of gas consumed per year and CO_2 produced on site. The process makes it possible to objectively assess the buildings' redevelopment effects. It would also be possible to objectively monitor the similar outcome of improved user behaviour as a result of precise education on the issue. The last table shows how the geolocalisation of consumption allows to estimate other parameters (consumption per m^3 of building, per inhabitant, etc.)

which, in turn, enables a deep and detailed analysis of the built heritage, always from the energy point of view. It can guide targeted actions for processes to improve the energy characteristics of buildings. Measurement of climatic effect on electricity consumption. The process operated an equivalent procedure for evaluating the amount of electricity consumed in summer to cool buildings. It was considered that the annual electricity consumption (such as the Siatel data and, therefore, it is not possible to extrapolate the information for the warm months only) was divided into a domestic part (lighting, various household appliances, etc.), which does not depend on the outdoor summer temperature, and a second one for indoor cooling. The contribution of heat pumps in winter is assumed to be of



Anche per i consumi di energia elettrica l'interazione dell'edificio con il clima è significativa; un miglioramento delle caratteristiche energetiche degli edifici può essere quantificato e monitorato nel tempo.

Conclusioni

La realizzazione di un BIS con i dati Siatel (disponibili a tutti i Comuni d'Italia) se supportati dall'anagrafe georiferita, permette di costruire un vero e proprio sistema di monitoraggio dei consumi di energia elettrica, gas metano e acqua potabile. A livello cittadino, sfruttando anche la stabilità del dato negli anni, il BIS permette di valutare una serie di interessanti indicatori. Fra di essi vi è la stima dell'interazione esistente fra i consumi energetici (di gas metano e di energia elettrica) e i gradi giorno (invernali ed estivi). Tale relazione dipende strettamente dalle caratteristiche energetiche degli edifici e dal comportamento degli utilizzatori dell'immobile. La variazione di tali indicatori può misurare negli anni gli effetti degli interventi sulle caratteristiche energetiche degli edifici e delle azioni per aumentare la consapevolezza ambientale degli utilizzatori. L'effetto delle azioni possibili per ridurre le isole di calore (tetti verdi, ombreggiamenti e ventilazioni sulle parti esposte al sole, colori e materiali delle superfici pavimentate di

minor importance. In 2018 there were few cases of their installation, but now they have spread significantly. It is fundamental to the premise that household electricity consumption in this city (Figure 4 with values in GWh) averages one-fourth of the non-household one. These consumptions are compared with the trend of the summer degree days for each year (Fig. 5), again provided by FOMM and related to the station in the city. They consider the difference between the reference 25°C and the perceived outside temperature, which depends on the relative humidity and air temperature. As can be seen, the relationship between electricity consumption and degree days is not instinctively evident as it appeared for methane gas consumption for winter heating. It is because the household factors mentioned earlier remain present in consumption.

Therefore, the work required a more refined least-squares analysis to disentangle the estimate of domestic consumption from that for cooling correlated with degree days. Evaluations assumed urban electricity consumption composed of a majority E_k part that does not depend on summer temperature, and an E_p part that is, instead, somehow proportionate to summer degree days. With these components, it is possible to write an equation of this type:

$$E_k + GG * E_p = E_{Tot}$$

GG indicates the summer degree days while E_{Tot} is the total electricity consumed during the year. They are both problem data. Over the seven years for which data are available, a fixed annual consumption, independent of temperatures, of 11813.26 MWh emerges.

spazi pubblici e privati, forestazione urbana, ecc.) può essere misurato in modo puntuale sfruttando la geolocalizzazione dei consumi energetici implementata in un BIS.

Le analisi nel tempo sulle singole utenze all'interno del BIS permette di ovviare al rumore intrinseco ai dati Siatel dovuto al non rispetto da parte dei fornitori di energia delle indicazioni normative sulla compilazione dei dati da trasmettere alle amministrazioni locali. Più la banca dati dei consumi per singola pertinenza si arricchisce nel tempo, più è possibile individuare errori nei dati e compensarne l'effetto. Aspetti negativi: il dato è annuale e quindi non permette di approfondire le analisi al consumo mensile; i dati vengono resi disponibili solo alla fine dell'anno successivo a quello del consumo.

L'ormai completato passaggio ai contatori elettronici con la lettura da remoto potrebbe rendere possibile il trasferimento a sistemi simili al BIS di dati relativi unicamente alle giornate con gradi giorno estivi.

Il progressivo diffondersi delle pompe di calore sta progressivamente spostando il consumo energetico, anche per il riscaldamento, dal gas metano all'energia elettrica. Ciò ha un immediato risvolto ambientale positivo perché riduce gli effetti della combustione in ambito urbano. Questo fatto e l'imminente nascita delle comunità energetiche, con produzione, accumulo e consumo sul posto, rende ancora più interessante poter controllare la dinamica energetica a livello locale con un cruscotto di controllo dei consumi georiferiti nel tempo.

Analisi geolocalizzate sui consumi energetici possono anche avviare interessanti confronti fra differenti ambiti cittadini o di differenti città. Permettono di monitorare quelle città dove più velocemente gli interventi edilizi sugli edifici vanno a miglio-

The second part is proportionate to the degree days equal to 11.06 MWh for each degree day, which for the whole year is worth 4040.26 MWh. The estimation of these results has a lower level of reliability than the one defined for winter heating. The data that emerged is also interesting because the amount of electricity consumed for cooling is 25.5% of the total annual consumption. In the seven years considered, there were very muggy days with up to 11 degree days. On these days, the average consumption of electricity that does not depend on the degree days is equal to about 32.36 MWh. The amount used to combat the heat, on the other hand, is about 121.76 MWh, which is approximately four times as much. On hot muggy days, the electricity consumption for cooling of domestic spaces alone is about four times the typical electricity use.

This figure makes it clear that it is crucial even in the summer period for buildings to perform well in the heat, thus decreasing local overheating phenomena.

For electricity consumption, the interaction of the building with the climate is also significant. An improvement in the energy characteristics of buildings can be quantified and monitored over time.

Conclusions

The BIS implementation with Siatel data (available to all municipalities in Italy), if sustained by the georeferenced registry information, makes it possible to create an effective monitoring system for electricity, methane gas and drinking water consumption.

At city level, BIS allows the evaluation of a series of fascinating indicators, also taking advantage of the stabil-

ity of the data over the years. Among them, there is the estimation of the interaction between energy consumption (methane gas and electricity) and degree days (winter and summer). This relationship strictly depends on the energy characteristics of the buildings and on the behaviour of the users.

Analyses over time on individual utilities within the BIS enable to overcome the intrinsic noise in Siatel data. The latter is due to energy suppliers' non-compliance with regulatory guidance on compiling data to be transmitted to local administrations. The more the consumption database for each appurtenance grows over time, the more it is possible to detect errors in the data and compensate for their effect. Negative aspects: the information is annual and does not allow for in-depth analysis of monthly consumption. Data are made available only at the end of the year of consumption. The now completed transition to electronic meters with remote reading could make it possible to switch to BIS-like system data related only to days with summer degree days. The progressive spread of heat pumps is gradually shifting energy consumption, including for heating, from meth-

REFERENCES

- Agugiario, G., Benner, J., Cipriano, P. and Nouvel, R. (2018), "The Energy Application Domain Extension for CityGML: enhancing interoperability for urban energy simulation", *Open geospatial data, software and standard*, Vol 3:2. Available at: <https://doi.org/10.1186/s40965-018-0042-y> (Accessed on 30/01/2023).
- Caputo, P., Costa, G. and Ferrari, S. (2013), "A supporting method for defining energy strategies in the building sector at urban scale", *Energy Policy*, 55, pp.261–270. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2012.12.006> (Accessed on 25/01/2023).
- Caputo, P. and Pasetti, G. (2015), "Overcoming the inertia of building energy retrofit at municipal level: The Italian challenge", *Sustainable Cities and Society*, Vol.15, pp.120–134. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.scs.2015.01.001> (Accessed on 25/01/2023).
- Centro Interregionale per i Sistemi Informativi (CISIS) (2015), *Specifiche di contenuto per i DataBase Geotopografici*, versione 2.0 del 15/12/2015. Available at: https://geodati.gov.it/geoportale/images/Specifica_GdL2_09-05-2016.pdf (Accessed on 20/12/2022).
- Dall'O, G., Norese, M.F., Galante, A. and Novello, C. (2013), "A multi-criteria methodology to support public administration decision making concerning sustainable energy action plans", *Energies*, Vol. 6, pp. 4308–4330. Available at: <https://doi.org/10.3390/en6084308> (Accessed on 07/02/2023).

Dall'O, G., Sarto, L., Galante, A. and Pasetti, G., (2012), "Comparison between predicted and actual energy performance for winter heating in high-performance residential buildings in the Lombardy region (Italy)", *Energy and Buildings*, Vol. 47, pp. 247-253. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2011.11.046> (Accessed on 07/02/2023).

Guzzetti, F., Pasquinelli, A., Privitera, A. and Ronconi, M. (2014), "Test metrico sulla ricerca automatica delle posizioni degli indirizzi", *Proceeding of the 18° Asita National Conference, Firenze, Italy, October 14-16, 2014*, pp. 667-674. Available at: <http://atti.asita.it/ASITA2014/Pdf/104.pdf> (Accessed 08/03/2023).

Guzzetti, F., Viskanic, P., Di Maria, F. and D'alesio, F. (2011), "Strumenti per l'integrazione fra database topografico e informazioni catastali", *Proceeding of the 15° ASITA National Conference, Parma, Italy, November 15-18, 2011*, pp. 821-829. Available at: <http://atti.asita.it/ASITA2011/Pdf/078.pdf> (Accessed on 30/01/2023).

ISTAT (2014), *Note di carattere generale relative alla compilazione dell'indirizzario*, 27 November 2014.

Nouvel, R., Zirak, M., Dastageeri, H., Coors, V. and Eicker, U. (2014), "Urban energy analysis based on 3D city model for national scale applications", *Proceeding of the 5th German-Austrian IBPSA Conference, Aachen, Germany, September 22-24, 2014*, pp.83-90. Available at: https://www.researchgate.net/publication/273651424_Urban_Energy_Analysis_based_on_3D_City_Model_for_National_Scale_Applications (Accessed on 14/02/2023).

Pasquinelli, A., Agugiaro, G., Tagliabue, L.C., Scaioni, M. and Guzzetti, F. (2019), "Exploiting the Potential of Integrated Public Building Data: Energy Performance Assessment of the Building Stock in a Case Study in Northern Italy", *ISPRS Int. J. Geo-Inf.*, Vol. 8(1):27. Available at: <https://doi.org/10.3390/ijgi8010027> (Accessed on 18/12/2022).

Strzalka, A., Bogdahn, J. and Eicker, U. (2010), "3D city modelling for urban scale heating energy demand forecasting", *Ashrea HVAC&R*, Vol. 17(4), pp. 526-539.

ane gas to electricity. It has an immediate positive environmental implication because it reduces the effects of combustion in urban areas. This fact and the imminent birth of energy communities, with on-site production, storage and consumption, makes it the achievable management of energy dynamics at the local level with a georeferenced consumption control dashboard over time even more attractive.

Geolocalised analysis of energy consumption can also initiate meaningful comparisons between different areas of the city or various cities. They make it possible to monitor those cities where building interventions most quickly improve the energy footprint on the surrounding environment.

Hence, it is expected that, thanks to the strong interaction that BIM and GIS environments are developing, the 3D city models supporting the Smart

City may soon enable them to support energy information, as experimentally implemented in the BIS described. Numerous databases (geographical and otherwise) should interact, and need to be reclaimed and properly powered.

a cura di **Antonella Violano**, <https://orcid.org/0000-0002-5313-3988>

Un Dialogo di/A Dialogue of **Fabrizio Tucci**¹ con/with **Edo Ronchi**²

Obiettivo Carbon Neutral **Antonella Violano:** Consapevolezza, Circolarità e Sufficienza sono i concetti chiave intorno ai quali negli ultimi dieci anni si sta costruendo il cambio di paradigma dell'uomo contemporaneo e del suo complesso rapporto con le risorse ambientali. Non è solo una questione di quantità di risorse coinvolte nel processo di trasformazione, ma anche di effettiva disponibilità e accesso equo per tutti. Perché il processo di transizione a scenari realmente sostenibili sia concretamente ciclico e virtuoso, la corsa al possesso che ha riguardato beni e servizi, risorse, materia e cibo dall'ultimo dopoguerra, si deve gradualmente trasformare in disponibilità a "prendere in prestito": cambiano gli orizzonti temporali di uso di un bene/servizio che diventa a tempo determinato, e cambia l'approccio relazionale tra uomo-beni prodotti dall'uomo-ambiente vissuto dall'uomo e Natura, che concede energia, materiali e risorse temporaneamente in prestito (McDonough and Braungart, 2010). L'approccio della "sufficienza" (Ness, 2022) diventi, quindi, un comportamento diffuso, non un'idea di pochi, né una visione strategica solo politica. E se spostiamo la nostra attenzione sui "prodotti" del lavoro progettuale e pianificatorio degli architetti, come invita Fabrizio Tucci? L'approccio della sufficienza riguarda la struttura della città, i suoi edifici, i trasporti, l'energia, l'acqua e i sistemi di gestione dei rifiuti e i relativi consumi energetici diretti e operativi. Tuttavia, per quanto significative, le emissioni operative dirette, sul cui efficientamento hanno finora puntato le varie generazioni di norme sulle prestazioni energetiche degli edifici (EPBD), sono solo "la punta dell'iceberg". In una logica globale di rigenerazione "performativa", non più fondata sul rispetto di requisiti

minimi ma sul controllo di indicatori complessi, l'ondata di rinnovamento del "primo ciclo dell'ambiente costruito" sta riorganizzando il settore delle costruzioni. La Commissione Europea raccomanda la transizione verso un'energia "resiliente"; ci si è infatti resi conto che considerando solo le emissioni dirette per riscaldamento, raffrescamento, ventilazione, illuminazione e produzione di a.c.s. il settore delle costruzioni non riuscirà mai a ridurre le emissioni di gas serra del 90% entro il 2050; si potrà al più raggiungere il traguardo del 62%, a meno che non si considerino anche le "emissioni grigie incorporate, dalla culla al cancello" dovute ai materiali utilizzati nel processo di trasformazione. C'è l'esigenza di una risposta tecnica oltre che politica, efficace e gradualmente migliorativa. Le strategie promosse a livello internazionale per limitare le emissioni climalteranti e permettere all'Europa di raggiungere l'ambizioso traguardo di continente "carbon neutral" al 2050 (European Green Deal; Regolamento UE 2121/1119) prevede l'attuazione di tutta una serie di misure politiche, legislative e tecniche: ridurre la dipendenza dal carbonio riducendo l'impronta ecologica dell'ambiente costruito, riciclare il carbonio da biomassa e rifiuti, arrivando a ottenere livelli di emissioni di carbonio negativi e trasformando il patrimonio edilizio in pozzi di carbonio, e rimuovere il carbonio in eccesso, raggiungendo la neutralità del carbonio incorporato. Tutte queste azioni passano per la rigenerazione del patrimonio costruito che diventa il luogo dell'"esperienza" per un retrofit tecnologico ad alte prestazioni e con una rinnovata modalità di gestione di un ambiente costruito in via di decarbonizzazione. In questo panorama, come suggerisce Edo Ronchi, è assolutamente strategico e prioritario intervenire sulle città, in quanto

ENERGY TRANSITION FOR AN ECOLOGICAL AND CLIMATE TRANSITION

Carbon Neutral Perspective

Antonella Violano: Awareness, Circularity and Sufficiency are the key concepts around which the paradigm change of contemporary man and his complex relationship with environmental resources has been developing over the last ten years. It is not only a question of quantity of resources involved in the transformation process, but also of effective availability and equal access for all. In order for the transition process towards truly sustainable scenarios to be concretely cyclical and virtuous, the race for possession that has affected goods and services, resources, matter and food since the last post-war period, must be gradually transformed into an availability to "borrow": the time horizons of a good/service use change, becoming time-limited, and the relational approach between man-goods produced

by man-environment experienced by man and Nature, which lends energy, materials and resources temporarily on loan, changes (McDonough and Braungart, 2010). Thus, the 'sufficiency' approach (Ness, 2021) becomes a widespread behaviour, not an idea of a few, nor a political-only strategic vision. And if we shift our attention to the design and planning 'products' of architects' work, as Fabrizio Tucci invites? The sufficiency approach concerns the city's structure, its buildings, transport, energy, water and waste management systems and the related direct and operational energy consumption. However, even if significant, direct operational emissions, on whose efficiency the various generations of building energy performance standards (EPBDs) have so far focused, are only 'the tip of the iceberg'. In a global logic of 'performative' regeneration, no

longer based on compliance with minimum requirements but on the control of complex indicators, the wave of renewal of the 'first cycle of the built environment' is reorganising the construction sector. The European Commission recommends the transition to 'resilient' energy; in fact, it has been realised that considering only direct emissions for heating, cooling, ventilation, lighting and DHW production, the construction sector will never be able to reduce greenhouse gas emissions by 90% until 2050; at most, the 62% target can be reached, unless the 'built-in grey emissions, from cradle to gate' due to the materials used in the transformation process are also taken into account. We need a technical as well as a political response that is effective and gradually improving. Internationally promoted strategies to limit climate-changing emissions and enable Europe

per la connaturata concentrazione di edifici e infrastrutture e per gli alti tassi d'uso del suolo sono le maggiori responsabili di consumi di risorse (materia ed energia) ed emissioni.

Per raggiungere traguardi di reale sostenibilità senza sacrifici penalizzanti dobbiamo ridefinire eticamente le priorità, non mediando solo i conflitti, ma cercando alternative che non obblighino a scelte irreversibili e dannose. L'innovazione parte, così, dal basso e orienta la domanda stessa verso una qualità ottenuta con il minimo consumo di beni e risorse, avendo come orizzonte di riferimento i limiti biofisici dell'intero pianeta.

Transizione energetica e Consapevolezza

Fabrizio Tucci. *Ciao Edo, grazie per aver accettato di dialogare sulle complesse questioni le-*

gate al tema della Transizione energetica. Partiamo innanzitutto dalla consapevolezza che la necessità ormai inderogabile di intraprendere una piena transizione energetica è legata alle sue inscindibili relazioni con i tre grandi "macigni" di macro-problematiche epocali che gravano sull'umanità:

- *le problematiche climatiche, con in testa il riscaldamento globale e i cambiamenti climatici in atto nelle diverse forme che purtroppo conosciamo;*
- *la scarsità e la progressiva limitatezza delle risorse, sia delle risorse deputate a rispondere alla domanda di energia, sia delle risorse deputate ai consumi di materiali e di acqua;*
- *la progressiva diminuzione della qualità ambientale dei luoghi dove viviamo e abitiamo, della qualità dell'aria, dell'acqua, dei suoli, che sta raggiungendo livelli di disvalore e di disqualità che mai erano stati toccati nel corso della storia dell'umanità.*

to reach the ambitious goal of being a carbon-neutral continent by 2050 (European Green Deal; EU Regulation 2121/1119) foresee the implementation of a whole range of political, legislative and technical measures: reducing carbon dependency by reducing the ecological footprint of the built environment, recycling carbon from biomass and waste, achieving negative carbon emission levels and turning building stock into carbon sinks, and removing excess carbon, achieving embodied carbon neutrality. All these actions involve the regeneration of the built heritage, which becomes the place of 'experience' for a high-performance technological retrofit and a renewed way of managing a decarbonising built environment.

In this panorama, as Edo Ronchi suggests, it is absolutely strategic and a priority to intervene on cities, because due

to their inherent concentration of buildings and infrastructures and their high rates of land use, they are the main contributors to the consumption of resources (matter and energy) and emissions.

In order to achieve goals of real sustainability without penalising sacrifices, we must ethically redefine priorities, not only mediating conflicts, but seeking alternatives that do not force irreversible and harmful choices. Thus, innovation starts from the bottom and drives demand itself towards a quality obtained with the minimum consumption of goods and resources, having as a reference horizon the limits of the entire planet.

Energy transition and awareness

Fabrizio Tucci. *Hi Edo, thank you for agreeing to a dialogue on the complex issues related to the topic of Energy Transition. Let us start by realising that*

D'altra parte, basta guardare ad alcuni dati-chiave: ancora oggi per rispondere al fabbisogno energetico ricorriamo per l'80% alle tre fonti combustibili fossili che sono per antonomasia non rinnovabili: petrolio per il 32%, gas naturale per il 23%, carbone per il 25%, e solo il restante 20% vede impiegate tutte le restanti fonti propriamente "rinnovabili": idroelettrico, solare nelle diverse forme, eolico nelle diverse forme, biomassa, geotermia profonda e superficiale, idrogeno, ecc.

E l'aggravante è che quelle tre fonti sono ormai in esaurimento entro tempi estremamente ravvicinati: riusciremo a estrarre petrolio ancora per 30-40 anni, gas naturale per 60 anni, carbone per 150 anni, tutti battiti di ciglia se paragonati alla storia dell'umanità. La popolazione mondiale era di 150 milioni nell'anno zero, 1 miliardo dopo 19 secoli, nel 1900, circa 2 miliardi e mezzo nel 1950, e tre volte tanto in poche decine d'anni, con più di 8 miliardi oggi, destinati a diventare 10-11 miliardi nel 2050. Insieme a questa crescita è avvenuta quella incontrollata del fabbisogno di energia pro-capite: se nel 1950 i consumi erano di 2 miliardi e mezzo di tep, oggi li abbiamo quintuplicati, arrivando a 14 miliardi di tep. E così anche per i consumi di materiali (minerali, metalli, biomasse, ecc.) che sono passati da 5 miliardi di tonnellate nel 1900, a un più che raddoppio con 12 miliardi di tonnellate nel 1950, a 102 miliardi di tonnellate oggi, cioè un aumento di circa 8 volte in soli 70 anni. Inoltre, a fronte dell'aumento della popolazione mondiale, la risorsa idrica a disposizione è in diminuzione, questo anche in relazione all'innalzamento delle temperature e all'immissione di gas inquinanti e climalteranti nell'aria e nell'atmosfera.

In Italia abbiamo raggiunto nel 2022 la temperatura media annuale di 14 gradi, la più alta di tutti i tempi; un picco di siccità mai conosciuto nella storia della penisola; le precipitazioni me-

the now imperative need to undertake a full energy transition is linked to its inseparable relationships with the three great 'boulders' of epochal macro-problems that weigh upon humanity:

- *climate issues, led by global warming and ongoing climate change in the various forms we unfortunately know about;*
- *the scarcity and progressive limitation of resources, both of resources deputed to meet energy demand and of resources deputed to the consumption of materials and water;*
- *the progressive decline in the environmental quality of the places where we live and inhabit, the quality of air, water, soil, which is reaching levels of disvalue and dis-equality that have never been reached in the course of human history.*

On the other hand, it is enough to look at some key figures: even today, 80% of

our energy needs are met by the three fossil fuel sources that are non-renewable par excellence: oil 32%, natural gas 23%, coal 25%, and only the remaining 20% by all the remaining 'renewable' sources: hydroelectric, solar in its various forms, wind in its various forms, biomass, deep and shallow geothermal, hydrogen, etc.

And the aggravating factor is that those three sources are now running out within an extremely short time frame: we will be able to extract oil for another 30-40 years, natural gas for 60 years, coal for 150 years, all blinks of an eye when compared to the history of mankind.

The world population was 150 million in year zero, 1 billion after 19 centuries, in 1900, about 2.5 billion in 1950, and three times that in a few decades, with more than 8 billion today, destined to become 10-11 billion in 2050. Along with this growth has come the uncon-

die calate del 22%; un quantitativo di emissioni di CO₂ pari a 418 milioni di tonnellate di CO₂ equivalente; un tasso di perdita della biodiversità negli ultimi 50 anni con livelli senza precedenti; il record assoluto di oltre 3000 eventi climatici estremi.

A proposito di quest'ultimo dato, occorre registrare e ricordare costantemente (fino a quando non arriverà un nuovo report che forse peggiorerà ancor di più i dati e le relative prospettive) che l'ultimo recentissimo rapporto dell'IPCC (quello denominato col codice AR6), è a dir poco agghiacciante sulle prospettive future che l'umanità si deve attendere, per l'accelerazione e l'intensificarsi impressionante degli impatti del cambiamento climatico, e con la consapevolezza che se abbiamo oggi alcune opzioni di adattamento, queste diventeranno sempre meno efficaci e molto più limitate con l'aumentare del riscaldamento globale, che già oggi sappiamo – con i trend odierni – che non riusciremo a contenere entro un aumento della temperatura di solo 1 grado e mezzo, come invece si era stabilito nella COP di Parigi del 2015.

Edo Ronchi. Caro Fabrizio, i numeri che tu correttamente ricordi – in particolare quello della crescita consistente della popolazione, quello molto grande dei consumi di energia e quello enorme dell'aumento di consumo dei materiali – sono alla base della crescita economica degli ultimi 70 anni che ha coinvolto, con la globalizzazione e lo sviluppo tecnologico, numerosi Paesi in tutto il mondo, contribuendo a diffondere modelli di consumo, di stili di vita e di benessere che, sebbene non siano totalmente generalizzati sul Pianeta (perché non dimentichiamo che una quota della popolazione mondiale continua ad esserne esclusa), sono distribuiti in maniera molto differente generando distanze di reddito fra le diverse fasce di popolazione che, tutt'altro che

trolled growth in per capita energy requirements: while consumption in 1950 was 2.5 billion toe, today we have increased it fivefold, to 14 billion toe. The same applies to the consumption of materials (minerals, metals, biomass, etc.), which has risen from 5 billion tonnes in 1900, to a more than doubling with 12 billion tonnes in 1950, to 102 billion tonnes today, i.e. an increase of about 8 times in just 70 years. Furthermore, as the world population increases, the available water resource is decreasing, which is also related to rising temperatures and the release of polluting and climate-changing gases into the air and atmosphere.

In Italy, by 2022, we have reached an average annual temperature of 14 degrees, the highest ever; a peak of drought never known in the history of the peninsula; average precipitation dropped by 22%; a CO₂ emission of 418 million tonnes

of CO₂ equivalent; a rate of biodiversity loss in the last 50 years at unprecedented levels; and an absolute record of more than 3,000 extreme weather events.

With regard to this last figure, it is necessary to constantly record and remind ourselves (until a new report arrives that will perhaps make the data and relative prospects even worse) that the latest IPCC report (the one codenamed AR6), is nothing short of chilling on the future prospects that humanity must expect, due to the impressive acceleration and intensification of the impacts of climate change, and with the knowledge that if we have some adaptation options today, these will become less and less effective and much more limited as global warming increases, which we already know – with today's trends – that we will not be able to contain within a temperature increase of only 1.5 degrees, as was agreed at the 2015 Paris COP.

in diminuzione, stanno progressivamente aumentando, di pari passo con il dilagare delle crisi ecologica e climatica. Una crescita così veloce e consistente della popolazione, dei fabbisogni di energia e dei consumi di materiali – e della connessa globalizzazione delle produzioni e dei consumi – non ha precedenti nella storia dell'umanità: essa segna una nuova epoca, quella della “Grande accelerazione” (McNeill and Engelke, 2018).

L'epoca della Grande accelerazione è caratterizzata da due fenomeni globali: una crisi climatica, già grave e che può avere, in pochi decenni, esiti catastrofici; e una rilevante scarsità di risorse naturali, causata da un livello crescente di prelievo e di consumo di risorse naturali, ad un ritmo ben superiore alla loro capacità di rigenerazione.

I forti consumi di energia a livello mondiale, costituiti per la gran parte da combustibili fossili, hanno generato un aumento della concentrazione, misurata, di gas serra in atmosfera da 311 nel 1950 a 421 parti per milione in volume attuali, il livello più alto degli ultimi 3 milioni di anni. E' ormai scientificamente certo che un aumento così consistente della concentrazione di gas serra aumenta la quantità di energia solare trattenuta dall'atmosfera sotto forma di calore, alimenta un aumento della temperatura globale e causa una serie di fenomeni atmosferici estremi che sono in atto e che già provocano ingenti danni e costi: periodi prolungati di siccità con ondate di calore, peggioramento dei fenomeni delle isole di calore, aumento di intensità e di frequenza degli incendi, aumento di intensità e di frequenza di uragani, di bombe d'acqua e di alluvioni. La crisi climatica si sta aggravando e, se non verrà efficacemente contrastata, come è ormai stato ampiamente studiato, in particolare, come già ricordavi tu, dall'IPCC (il Panel degli scienziati indicati dai

Edo Ronchi. Dear Fabrizio, the numbers that you correctly recall – in particular that of the substantial growth in population, the very large one of energy consumption and the enormous one of the increase in material consumption – are at the basis of the economic growth of the last 70 years that has involved, with globalisation and technological development, numerous countries all over the world, contributing to the spread of consumption models, of lifestyles and well-being that, although they are not totally generalised on the planet (because let us not forget that a portion of the world's population continues to be excluded), are distributed very differently, generating income gaps between the different population groups that, far from diminishing, are progressively increasing, in step with the spread of ecological and climate crises. Such rapid and consistent

growth in population, energy needs and material consumption – and the associated globalisation of production and consumption – is unprecedented in human history: it marks a new era, that of the 'Great Acceleration' (McNeill and Engelke, 2018).

The era of the Great Acceleration is characterised by two global phenomena: a climate crisis, which is already severe and may have catastrophic outcomes in a few decades; and a significant scarcity of natural resources, caused by an increasing level of natural resource withdrawal and consumption, at a rate far exceeding their regeneration capacity.

The world's heavy consumption of energy, much of which consists of fossil fuels, has generated an increase in the measured concentration of greenhouse gases in the atmosphere from 311 in 1950 to 421 parts per million

governi delle Nazioni Unite), e pubblicato dai suoi Rapporti (arrivati alla sesta edizione), andremo incontro ad esiti catastrofici. L'alto consumo di energia e di materiali delle nostre economie lineari e dissipative genera diversi impatti: il più importante è quello nei confronti della biodiversità. L'ultimo *Global Biodiversity Outlook*, il quinto rapporto pubblicato dalla Convenzione dell'ONU nel 2020, ci avverte che la biodiversità sta declinando con una velocità senza precedenti e che le pressioni che alimentano questo declino si stanno intensificando. Più del 40% della superficie terrestre è già coltivata o urbanizzata, e meno del 23% è ancora classificabile come area naturale. La perdita di foreste tropicali è triplicata in dieci anni. Circa un milione di specie animali e vegetali è minacciato per sovrasfruttamento, inquinamento, specie aliene invasive e per il cambiamento climatico. Molte specie di mammiferi allevate dall'uomo si sono estinte o sono minacciate di estinzione. In media le comunità ecologiche terrestri hanno perso il 20% della loro originale biodiversità. Dovremmo avere ben chiaro che una vasta serie di beni e servizi è prodotta dalla natura, dal capitale naturale, e che essa è indispensabile per la nostra alimentazione, per fornire materiali funzionali alle molte nostre attività, per avere a disposizione acqua potabile, aria respirabile e ambienti vivibili. La conservazione del capitale naturale, la tutela della sua resilienza, la valorizzazione della sua capacità di fornire servizi ecosistemici, è una condizione essenziale per le possibilità stesse dell'umanità di sopravvivere e di prosperare.

In nessuna epoca storica precedente l'umanità ha mai dovuto misurarsi né con un cambiamento climatico così radicale, né con un livello di crisi ecologica così generalizzato e così grande, né con una scarsità globale di risorse naturali così minaccioso per il

by volume today, the highest level in 3 million years. It is now scientifically certain that such a large increase in the concentration of greenhouse gases increases the amount of solar energy retained by the atmosphere in the form of heat, fuels an increase in global temperature, and causes a series of extreme weather phenomena that are already causing extensive damage and costs: prolonged periods of drought with heat waves, worsening heat island phenomena, an increase in the intensity and frequency of fires, and an increase in the intensity and frequency of hurricanes, water bombs and floods. The climate crisis is worsening and, if it is not effectively countered, as has now been extensively studied, in particular, as you mentioned, by the IPCC (the panel of scientists appointed by the governments of the United Nations), and published in its Reports (now in

their sixth edition), we will face catastrophic outcomes.

The high energy and material consumption of our linear and dissipative economies generates several impacts, the most important of which is the impact on biodiversity. The latest *Global Biodiversity Outlook*, the fifth report published by the UN Convention in 2020, warns us that biodiversity is declining at an unprecedented rate and that the pressures fuelling this decline are intensifying. More than 40 per cent of the earth's surface is already cultivated or urbanised, and less than 23 per cent is still classifiable as wilderness. The loss of tropical forests has tripled in ten years. About one million animal and plant species are threatened by overexploitation, pollution, invasive alien species and climate change. Many mammal species bred by humans have become extinct or are threatened with

future dell'umanità. L'epoca di un progresso basato sulla crescita enorme del consumo di energia fossile e su un consumo enorme di risorse naturali non è più sostenibile, non può più durare.

F.T. *I concetti e le visioni, le strategie e le soluzioni, gli strumenti e le prescrizioni che per lungo tempo sono stati adottati dall'umanità per regolare e sviluppare i processi del lavorare e del produrre, le forme dell'abitare e del vivere, le modalità del rapportarsi alla natura e all'ambiente, sembrano essere stati superati dalla natura e dalla portata dell'attuale crisi energetica, ecologica e climatica. Ancora troppo incentrata sull'uomo, è possibile reinventare una visione che tenga conto nella sua totalità delle forme di vita?*

E.R. Una "call for papers" per il 6° Colloquio internazionale di filosofia economica, che si è tenuto recentemente a Sciences Po Lille, lancia questa provocazione: «La distruzione energetico-ambientale dei beni comuni sembra irreversibile e minaccia l'abitabilità e la biodiversità della Terra. Non abbiamo le istituzioni per affrontare questa sfida, né sappiamo quale disciplina scientifica possa fare di questo evento il suo oggetto. L'umanità, in quanto agente economico dell'Antropocene, non sa come agire; è paralizzata». E il giornale "Le Monde", nel riportarla, aggiunge: «Gli economisti hanno una certa influenza sulle decisioni politiche e pretendono di avere il sopravvento sulle scienze umane e sociali. Ma per i più critici, così come per il cittadino medio con una coscienza ecologica, quegli economisti non solo non sono più in grado di comprendere la 'policrisi' economica, sociale e soprattutto ambientale che sta colpendo l'umanità, né tanto meno di porvi rimedio, ma ne sono in gran parte responsabili!».

extinction. On average, terrestrial ecological communities have lost 20 per cent of their original biodiversity. We should be clear that a vast array of goods and services are produced by nature, by natural capital, and that it is indispensable for our food, to provide functional materials for our many activities, to have drinking water, breathable air and liveable environments. The preservation of natural capital, the protection of its resilience, the enhancement of its capacity to provide ecosystem services, is an essential condition for humanity's very chances of survival and prosperity. In no previous historical epoch has mankind ever had to contend with either such a radical climate change, such a generalised and such a large level of ecological crisis, or such a global scarcity of natural resources that is so threatening to the future of mankind. The era of progress based on

enormous growth in fossil energy consumption and enormous consumption of natural resources is no longer sustainable, it can no longer last.

F. T. *The concepts and visions, the strategies and solutions, the tools and prescriptions that have long been adopted by mankind to regulate and develop the processes of working and producing, the forms of living and dwelling, and the ways of relating to nature and the environment, seem to have been overtaken by the nature and scope of the current energy, ecological and climate crisis. Still too human-centred, is it possible to reinvent a vision that takes forms of life into account in its entirety?*

E. R. A 'call for papers' for the 6th International Colloquium on Economic Philosophy, recently held at Sciences Po Lille, launches this provocation:

Il tema della necessità, oggi, di reinventare una visione che tenga conto nella sua totalità – e nelle sue complessità – delle diverse forme di vita, superando l’illusione che la società in un suo sviluppo illimitato si autoregoli spontaneamente (secondo l’approccio “regolamentarista”), è centrale e non più rinviabile. Troppo a lungo si è creduto che le disuguaglianze, la distruzione della natura e la crisi climatica fossero “esternalità”, cioè effetti negativi degli scambi di mercato su chi non vi partecipa: i poveri, i Paesi del Sud e la biodiversità. Secondo questa visione sarebbe sufficiente “internalizzarle”, cioè dare loro un prezzo di mercato per farle rientrare nel grande gioco degli scambi per controllarne le dinamiche, almeno con “equilibri parziali” in grado di contenere gli effetti più negativi. Ma così non sta: l’aggravamento in corso della crisi climatica – come ha scritto Nicholas Stern (“Why are we waiting”, MIT Press, Cambridge, 2014) – sta segnando il più grande fallimento del mercato della nostra epoca. Da alcuni anni alcuni economisti – a fronte della complessità della crisi climatica e di quella ecologica – hanno brandito l’arma dei *big data* e dei progressi folgoranti delle capacità di elaborazione dei computer e dell’intelligenza artificiale, per tenere finalmente conto di “tutti” i dati, in tempi e luoghi diversi. Questa “svolta empirica”, come la chiamano, ha permesso di moltiplicare gli esperimenti – naturali, di laboratorio o randomizzati (cioè con un campione di controllo e un campione soggetto all’esperimento) – per isolare le costanti all’interno dell’immenso brulichio umano, misurare le loro variazioni “a parità di altre condizioni”, sintonizzare finalmente i loro risultati con l’elegante modellazione della teoria economica, entrare con orgoglio nella schiera delle scienze sperimentali accanto alla fisica o alla biologia, e prescrivere con certezza ai politici abbagliati le “misure giuste”.

«The energy-environmental destruction of the commons seems irreversible and threatens the habitability and biodiversity of the Earth. We do not have the institutions to face this challenge, nor do we know which scientific discipline can make this its object. Humanity, as the economic agent of the Anthropocene, does not know how to act; it is paralysed». And the newspaper ‘Le Monde’, in reporting it, adds: «Economists have a certain influence on political decisions and claim to have the upper hand over the human and social sciences. But for the most critical, as well as for the average citizen with an ecological conscience, those economists are not only no longer able to understand the economic, social and above all environmental ‘polycrisis’ that is affecting humanity, let alone remedy it, but they are largely responsible for it!»

The issue of the need, today, to reinvent a vision that takes into account in its totality – and in its complexities – the different forms of life, overcoming the illusion that society in its unlimited development is spontaneously self-regulating (according to the ‘regulationist’ approach), is central and can no longer be postponed. For too long it has been believed that inequality, the destruction of nature and the climate crisis were ‘externalities’, i.e. negative effects of market exchanges on those who do not participate: the poor, the countries of the South and biodiversity. According to this view, it would be sufficient to ‘internalise’ them, i.e. to give them a market price to make them part of the great game of exchanges in order to control their dynamics, at least with ‘partial balances’ capable of containing the most negative effects. But this is not the case: the ongoing worsening of the

Tuttavia, si è ormai ben capito che le osservazioni risultanti da questi esperimenti non portano facilmente a prescrizioni generali: come possiamo dimostrare, ad esempio, che l’effetto benefico di un incentivo, o di una riduzione dei contributi, osservato in un certo luogo in un determinato momento, si ripeterà in un altro luogo in un altro momento?

Gli economisti si sono quindi spesso rassegnati più modestamente alla “svolta empirica” caratterizzata dalla cosiddetta posizione dell’“idraulico”, per usare l’espressione di Esther Duflo, vincitrice del Premio Nobel per l’Economia 2019. Piuttosto che sforzarsi di dimostrare la validità del modello, è più semplice, più efficace e più utile osservare “cosa funziona e cosa non funziona” qui e ora, per prescrivere le giuste riparazioni “idrauliche” che lo Stato e gli agenti economici possono effettuare a breve termine sul campo quando si rilevano le “falle”. La teoria dei “beni comuni”, che è valsa all’americana Elinor Ostrom il premio Nobel per l’economia nel 2009, cerca di modellare le costanti che descrivono una gestione efficiente ed equa delle risorse, in primis quelle energetiche. Ma anche questa “svolta empirica” solleva interrogativi. Si tende infatti a trascurare un problema che gli storici conoscono bene: i dati utilizzati in un esperimento, siano essi naturali o meno, non sono già dati, ma sono costruiti, cioè scelti e dichiarati in base a ipotesi di ricerca che sono a loro volta iscritte nei modi di pensare, nei quadri istituzionali e negli strumenti tecnici specifici della ricerca condotta.

Il secondo problema è che l’economia, come tutte le scienze sociali, è essenzialmente e tradizionalmente antropocentrica: è interessata al comportamento e alle interazioni umane, e include nel suo approccio l’ambiente solo come ambiente, ciò che circonda l’uomo nella sola dimensione della sua interazione con

climate crisis – as Nicholas Stern has written (“Why are we waiting”, MIT Press, Cambridge, 2014) – is marking the greatest market failure of our time. For some years now, some economists – in the face of the complexity of the climate and ecological crises – have wielded the weapon of *big data* and the dazzling advances in computer processing capabilities and artificial intelligence, to finally account for ‘all’ data, in different times and places. This ‘empirical breakthrough’, as they call it, has made it possible to multiply experiments – natural, laboratory or randomised (i.e. with a control sample and a sample subject to the experiment) – to isolate the constants within the immense human swarm, measure their variations ‘all other things being equal’, finally tune their results to the elegant modelling of economic theory, proudly join the ranks of the experimental sciences

alongside physics or biology, and confidently prescribe the ‘right measures’ to dazzled politicians. However, it is now well understood that the observations resulting from these experiments do not easily lead to general prescriptions: how can we prove, for example, that the beneficial effect of an incentive, or a reduction in contributions, observed in a certain place at a certain time, will be repeated in another place at another time? Economists have therefore often more modestly resigned themselves to the ‘empirical turn’ characterised by the so-called ‘plumber’s position’, to use the expression of Esther Duflo, winner of the 2019 Nobel Prize in Economics. Rather than striving to prove the validity of the model, it is simpler, more effective and more useful to observe “what works and what does not work” here and now, in order to prescribe the right “plumbing” repairs that the state

esso, lasciando a biologi, climatologi, ecologisti, architetti, ecc. il compito di scoprire cosa accade dall'altra parte. La vera sfida per tutti è quella di integrare nei loro modelli ciò che, in mancanza di un termine ben definito, viene chiamato ecosistema. E la sfida è immensa, perché non sono più solo i dati umani a dover confluire nei *Big Data*, ma anche tutti i dati che le scienze della vita possono offrire.

La concezione della Natura come la fonte inesauribile e disponibile per soddisfare in modo illimitato tutti i nostri bisogni, che può e deve essere sfruttata senza limiti, grazie agli sviluppi della scienza e della tecnologia, e anche quella del sistema Terra come pozzo senza fondo in grado di assorbire tutte le emissioni di origine antropica, non è solo superata, ma è diventata dannosa e pericolosa. Si va ormai verso il superamento di visioni lineari in direzione di modelli circolari, verso il superamento di modelli dissipativi verso modelli rigenerativi: non basta più, superati i limiti, ridurre gli impatti, ma occorre dirigersi, passando attraverso la fase "*net zero emissions*", verso la fase "*nature positive*" e "*climate positive*". Gli impatti sulla biodiversità e gli ecosistemi già accumulati, e l'elevata concentrazione in atmosfera di gas serra, sono già rilevanti, e proseguiranno per un tempo difficile da quantificare, comunque non breve. Non parliamo quindi solo di prospettive, ma del nostro presente, non solo di lungo termine, ma del nostro domani, fra pochi anni e qualche decennio. *Mitigazione* per ridurre i rischi ed evitare una precipitazione catastrofica e *Adattamento* per ridurre ora vulnerabilità e aumentare ora la resilienza devono andare insieme.

Ciò richiede di cambiare il paradigma che sta alla base della nostra concezione della crescita e dello sviluppo economico e sociale. Una delle principali preoccupazioni degli economisti

and economic agents can carry out in the short term on the ground when "flaws" are detected. The theory of the 'commons', which earned the American Elinor Ostrom the Nobel Prize in Economics in 2009, seeks to model the constants that describe efficient and equitable management of resources, primarily energy resources. But even this 'empirical turn' raises questions. In fact, there is a tendency to overlook a problem that historians are well aware of: the data used in an experiment, whether natural or not, are not already data, but are constructed, that is, chosen and stated on the basis of research hypotheses that are themselves inscribed in the ways of thinking, institutional frameworks and specific technical instruments of the research conducted.

The second problem is that economics, like all the social sciences, is essentially and traditionally anthropocentric: it

is interested in human behaviour and interactions, and includes in its approach the environment only as... environment, that which surrounds man in the sole dimension of his interaction with it, leaving biologists, climatologists, ecologists, architects, etc. the task of finding out what happens on the other side. The real challenge for everyone is to integrate what, in the absence of a well-defined term, is called an ecosystem into their models. And the challenge is immense, because it is no longer just human data that has to flow into *Big Data*, but also all the data that the life sciences can offer.

The conception of Nature as the inexhaustible and available source to satisfy all our needs in an unlimited manner, which can and must be exploited without limits, thanks to developments in science and technology, and also that of the Earth system as a bottomless pit capable of absorbing all anthropo-

– e degli imprenditori – è sempre stata l'efficienza: produrre di più utilizzando la minore quantità possibile di risorse. In un'economia di mercato globalizzata, il paradigma della 'efficienza', come si è verificato, ha generato un "*rebound effect*": abbassando i prezzi relativi, a fronte di una domanda globale in continua crescita, ha alimentato un'espansione delle produzioni, con una forte crescita complessiva dei consumi di energia e di materiali, all'origine della crisi climatica ed ecologica. Anthea Roberts e Jensen Sass (Australian National University) suggeriscono di sostituire il paradigma della 'efficienza' con quello della 'resilienza' per non puntare più a ottenere la massima produzione da un sistema in condizioni date, ma piuttosto di mantenere il sistema in condizioni che gli consentano di produrre quanto necessario per raggiungere determinati obiettivi. La sfida si sposta quindi dalla sfera dell'ottimizzazione economica a quella dell'ottimizzazione sociale: la "migliore qualità di vita per tutti" di cui parlava Ignacy Sachs.

Un altro paradigma economico messo in crisi dalla policrisi è quello del progetto. Se la crescita è un risultato, "il progetto è un modo di pensare, un'architettura volta a innovare, creare, aprire nuovi campi per l'attività umana – strettamente legato ai concetti di progresso e modernità, incarnati nelle figure dell'architetto, del tecnologo, dell'ingegnere, del designer, dell'imprenditore", osservano Emmanuel Bonnet, Diego Landivar e Alexandre Monnin, ricercatori dell'Origens Media Lab (Università di Clermont-Ferrand) e autori di "*Héritage et fermeture. Une écologie du démantèlement*" (Divergences, 2021). Molte attività economiche sono diventate insostenibili a causa dei problemi energetici e della destabilizzazione del clima. Per questo motivo dovrebbero essere chiuse, utilizzando conoscenze, tec-

genic emissions, is not only outdated, but has become harmful and dangerous. We are now moving towards the overcoming of linear visions in the direction of circular models, towards the overcoming of dissipative models towards regenerative models: it is no longer enough, once the limits have been exceeded, to reduce impacts, but it is necessary to move, passing through the '*net zero emissions*' phase, towards the '*nature positive*' and '*climate positive*' phase. The impacts on biodiversity and ecosystems that have already accumulated, and the high concentration of greenhouse gases in the atmosphere, are already significant, and will continue for a time that is difficult to quantify, but in any case not short. Therefore, we are not just talking about prospects, but about our present, not just the long term, but our tomorrow, a few years and a few decades from now. *Mitigation* to reduce risks and avoid catastrophic

precipitation and *Adaptation* to reduce vulnerability now and increase resilience now must go together.

This requires a change in the paradigm underlying our conception of growth and economic and social development. One of the main concerns of economists – and entrepreneurs – has always been efficiency: producing more using the least amount of resources. In a globalised market economy, the paradigm of 'efficiency' has, as it turns out, generated a '*rebound effect*': by lowering relative prices in the face of ever-increasing global demand, it has fuelled an expansion of production, with a strong overall growth in energy and material consumption, which is at the root of the climate and ecological crisis. Anthea Roberts and Jensen Sass (Australian National University) suggest replacing the paradigm of 'efficiency' with that of 'resilience' in order to no longer aim to obtain the maximum production from

nologie, finanziamenti e volontà politica della stessa portata di quelle utilizzate per aprirle.

E in linea con tutte queste considerazioni, l'attenzione e gli sforzi si spostano decisamente sulle città e sulle sfide *green* che esse richiedono.

F.T. *Se spostiamo la nostra attenzione sulle città e se guardiamo in Italia ai "prodotti" del lavoro progettuale e pianificatorio degli architetti, laddove vogliamo intervenire in termini di rigenerazione, riqualificazione e retrofit del patrimonio esistente (rivolgendoci quindi i nostri sforzi alle parti "civili" dell'ambiente costruito, escludendo cioè l'industria, l'agricoltura e la mobilità pesante), possiamo constatare quanto sia enorme l'incidenza di quelle parti sulle problematiche che stiamo nominando, perché esse:*

- *consumano da sole ben più della metà dell'energia primaria mondiale, arrivando all'attuale 55% (considerando in primis i consumi degli edifici, che da soli toccano in Italia circa quasi il 50%),*
- *sono responsabili di oltre il 70% delle emissioni di CO₂,*
- *consumano il 75% delle risorse naturali,*
- *producono il 60% dei rifiuti,*
- *hanno acquedotti che perdono in media circa il 40% dell'acqua trasportata,*
- *hanno il 70% del patrimonio edilizio con un'età superiore ai 40 anni (con comportamenti energetici, bioclimatici e di comfort ambientale catastrofici),*
- *non vedono arrestarsi il consumo di suolo.*

Oltretutto sappiamo purtroppo che in Italia 32 aree urbane hanno un livello di qualità dell'aria fuorilegge, perché supera il tetto massimo permesso per le polveri sottili, anche per lo sconsiderato

a system under given conditions, but rather to maintain the system in conditions that allow it to produce what is necessary to achieve certain goals. The challenge thus shifts from the sphere of economic optimisation to that of social optimisation: the 'better quality of life for all' of which Ignacy Sachs spoke. Another economic paradigm challenged by the polycrisis is that of the project. If growth is a result, "the project is a way of thinking, an architecture aimed at innovating, creating, opening up new fields for human activity – closely linked to the concepts of progress and modernity, embodied in the figures of the architect, the technologist, the engineer, the designer, the entrepreneur", observe Emmanuel Bonnet, Diego Landivar and Alexandre Monnin, researchers at the Origens Media Lab (University of Clermont-Ferrand) and authors of "Héritage et fermeture. Une écologie du démantèlement" (Di-

vergences, 2021). Many economic activities have become unsustainable due to energy problems and climate destabilisation. This is why they should be closed, using knowledge, technology, funding and political will on the same scale as those used to open them. And in line with all these considerations, attention and efforts are definitely shifting to cities and the *green* challenges they require.

F. T. *If we shift our attention to cities, and if we look at the 'products' of the design and planning work of architects in Italy, where we want to intervene in terms of regeneration, redevelopment and retrofit of the existing heritage (thus turning our efforts to the 'civil' parts of the built environment, i.e. excluding industry, agriculture and heavy mobility), we can see how enormous the incidence of those parts is on the problems we are naming, because they*

modo di gestire la questione energetica e di offrire risposte alla vertiginosa crescita del fabbisogno energetico nelle città, che ha caratterizzato questi quasi 80 anni che vanno dal dopo-guerra ad oggi; e il nostro Paese è, tra l'altro, quello in Europa con il più alto numero, in rapporto alla popolazione, di morti per inquinamento.

Per coltivare una fondata speranza in un futuro green, occorre guardare alla ricerca sperimentale e applicata come un'assoluta protagonista in questo senso. Occorre mettere in campo nuove capacità progettuali, e con esse e per esse visioni innovative, e modalità, strumenti e azioni capaci di offrire risposte efficaci ed efficienti alle sfide poste, che siano capaci di lavorare con approccio interscalare, interdisciplinare e intersettoriale (come è fortemente interscalare, interdisciplinare e intersettoriale il carattere delle sfide stesse).

Dunque, a fronte di questo quadro di problematiche, quali sono secondo te le priorità alla domanda "che fare"?

E.R. *Ti ringrazio per la domanda, perché credo che sia assolutamente strategico e prioritario intervenire sulle città, per trasformare quelle che sono le maggiori fonti dei problemi in straordinarie occasioni di svolta e cambiamento di rotta.*

Prima di tutto penso che anche l'Italia dovrebbe avere un quadro per l'energia e il clima non limitato al 2030, ma orientato all'obiettivo delle "emissioni nette zero" al massimo entro il 2050 (o ancor meglio prima, come stanno scegliendo di fare alcuni Paesi europei). In altre parole, gli obiettivi del Piano Nazionale Integrato Energia e Clima (PNIEC), le misure del Piano nazionale per l'adattamento ai cambiamenti climatici, gli obiettivi e le misure per arrivare alla neutralità climatica, dovrebbe-

- *alone consume well over half of the world's primary energy, reaching the current 55% (primarily considering building consumption, which alone accounts for almost 50% in Italy),*
 - *are responsible for more than 70 per cent of CO₂ emissions,*
 - *consume 75 per cent of natural resources,*
 - *produce 60% of the waste,*
 - *have aqueducts that leak on average about 40 per cent of the water transported,*
 - *have 70% of their building stock over 40 years old (with catastrophic energy, bioclimatic and environmental comfort behaviour),*
 - *do not see land consumption stopping.*
- Moreover, we unfortunately know that 32 urban areas in Italy have an air quality level that is outlawed, because it exceeds the maximum permitted ceiling for particulate matter, also because of*

the ill-considered way of managing the energy issue and responding to the vertiginous growth in energy needs in cities, which has characterised these almost 80 years from the post-war period to the present; and our country is, among other things, the one in Europe with the highest number, in relation to the population, of deaths due to pollution. In order to cultivate a well-founded hope in a green future, we need to look to experimental and applied research as a key player in this regard. New design capacities must be brought into play, and with them and for them innovative visions, and methods, tools and actions capable of offering effective and efficient responses to the challenges posed, which are capable of working with an inter-scalar, inter-disciplinary and inter-sectoral approach (just as the character of the challenges themselves is strongly inter-scalar, inter-disciplinary and inter-sectoral).

ro far parte di un quadro certo, stabile, pluriennale, per tutti i settori coinvolti, stabilito da una Legge per il Clima (come in Germania, in Francia, in Spagna e nel Regno Unito).

Ritengo che le preoccupanti spinte per un rallentamento dei processi di Transizione energetica, applicati prima di tutto sugli edifici e sulle città, contribuirebbe, direttamente e indirettamente, ad aggravare la crisi climatica che colpisce duramente l'Italia. C'è ancora scarsa consapevolezza del fatto, provato, che l'Italia, al centro del Mediterraneo, è un *hot spot* del riscaldamento globale: un'area dove il riscaldamento è superiore alla media globale, dove gli impatti della crisi climatica sono già in corso, sono più gravi e non saranno di breve durata. L'interesse dell'Italia è quindi quello di essere in prima fila nella lotta contro la crisi climatica. Dato che la crisi climatica è una grave emergenza epocale e la neutralità climatica è un traguardo obbligato, rinviare le misure di transizione energetica e di decarbonizzazione aumenterebbe i costi e i danni, per diversi motivi:

- rinviare o attenuare le misure comporta per l'Italia più emissioni di gas serra e quindi contribuire ad aggravare la crisi climatica: ogni tonnellata di più in atmosfera pesa, se altri continuano ad emetterne tante; aggiungerne peggiora la situazione, certo non contribuisce a migliorarla;
- il rinvio delle misure genera un aumento dei costi perché obbligherà a una rincorsa, concentrata in numero minore di anni;
- essendo il cambiamento obbligato, data la gravità della crisi, chi accelera le misure (e molti Paesi lo stanno già facendo) conquista anche vantaggi tecnologici ed economici;
- alcune scelte di decarbonizzazione comportano vantaggi economici, tecnologici e occupazionali per l'Italia: di taglio

So, in the face of this problematic framework, what do you think are the priorities in the 'what to do' question?

E. R. I thank you for your question, because I believe that it is absolutely strategic and a priority to intervene in the cities, to turn what are the major sources of problems into extraordinary opportunities for change and turnaround. First of all, I think that Italy too should have an energy and climate framework not limited to 2030, but oriented towards the goal of 'net zero emissions' by 2050 at the latest (or even better before, as some European countries are choosing to do). In other words, the objectives of the National Integrated Energy and Climate Plan (NIPEC), the measures of the National Plan for Adaptation to Climate Change, the targets and measures to achieve climate neutrality, should be part of a certain, stable, multi-year framework for all sectors involved,

established by a Climate Act (as in Germany, France, Spain and the UK).

I believe that the worrying push for a slowdown in energy transition processes, applied first of all on buildings and cities, would contribute, directly and indirectly, to aggravate the climate crisis that is hitting Italy hard. There is still little awareness of the proven fact that Italy, at the centre of the Mediterranean, is a global warming *hot spot*: an area where warming is higher than the global average, where the impacts of the climate crisis are already underway, are more severe and will not be short-lived. It is therefore in Italy's interest to be at the forefront of the fight against the climate crisis. Given that the climate crisis is a serious epochal emergency and climate neutrality is a mandatory goal, postponing energy transition and decarbonisation measures would increase costs and damage, for several reasons:

- Postponing or watering down meas-

della dipendenza e dagli enormi costi delle importazioni di petrolio e di gas e dell'utilizzo di fonti energetiche rinnovabili disponibili sul proprio territorio, di aumento del risparmio e dell'efficienza energetica, di aumento dei tassi di circolarità dell'economia, di incremento dei processi di innovazione tecnologica e di sinergia con la digitalizzazione, di miglioramento della qualità dell'aria e del benessere abitativo, di miglioramento della mobilità urbana.

Peraltro, sappiamo che il ridotto taglio di emissioni al 2030 coinciderebbe con un basso livello di rinnovabili elettriche e di elettrificazione. La crescita delle rinnovabili del nuovo PNIEC di 70 GW al 2030 è inferiore a quanto proposto e considerato fattibile dall'associazione confindustriale di categoria: ne servono 85/90 GW, circa 10 GW all'anno nei prossimi 8/9 anni, quadruplicando la produzione di energia elettrica solare e triplicando quella eolica. Il nuovo PNIEC prevede un aumento del consumo interno lordo di elettricità di soli 20 TWh al 2030. Nella Roadmap Italy for Climate sono previsti più di 40 TWh, perché, anche con importanti interventi di efficientamento, essi sono necessari per l'elettrificazione dei trasporti e per tagliare i consumi di gas negli edifici.

Una cosa sappiamo con certezza: che occorre rafforzare le misure per ridurre i consumi di energia del parco edilizio pubblico e privato. Gli edifici, come tu hai ricordato, sono responsabili oggi di quasi metà dei consumi di energia in Italia. Questi consumi vanno ridotti grazie all'efficienza e all'elettrificazione. Nella proposta del PNIEC al 2030 i consumi termici (non solo edifici, anche una quota di industria) scendono solo del 10% al 2030. Il piano prevede inoltre una significativa diffusione delle pompe di calore, che secondo le prime stime dovrebbe coin-

ures means more greenhouse gas emissions for Italy and thus contributes to worsening the climate crisis: every tonne more in the atmosphere weighs, if others continue to emit so many; adding more makes the situation worse, certainly not better;

- the postponement of measures generates an increase in costs because it will force a run-up, concentrated in a smaller number of years;
- as change is obligatory, given the severity of the crisis, those who accelerate measures (and many countries are already doing so) also gain technological and economic advantages;
- some decarbonisation choices entail economic, technological and employment benefits for Italy: cutting dependence and the enormous costs of oil and gas imports and using renewable energy sources available on its territory, increasing energy savings and efficiency, increasing

the circularity rates of the economy, increasing technological innovation processes and synergy with digitalisation, improving air quality and living comfort, and improving urban mobility.

Moreover, we know that the low emissions cut to 2030 would coincide with a low level of electrical renewables and electrification. The new PNIEC's renewables growth of 70 GW by 2030 is lower than what is proposed and considered feasible by the industry confederation: 85/90 GW are needed, about 10 GW per year over the next 8/9 years, quadrupling solar electricity production and tripling wind power production.

The new PNIEC forecasts an increase in gross domestic electricity consumption of only 20 TWh by 2030. In the Roadmap Italy for Climate, more than 40 TWh are projected, because even with major efficiency measures, they are needed for the electrification of

volgere qualcosa come 7-8 milioni di abitazioni da qui al 2030: obiettivo sfidante, per il quale però manca una indicazione sulle misure da adottare per raggiungerlo.

Il passo lento dell'Italia nelle misure energetiche e climatiche riduce anche i potenziali di rilancio economico. È dimostrato che per ogni euro speso per raggiungere gli obiettivi 'Net Zero' si genererebbe attività economica addizionale pari a 1,64 euro. Il ritorno economico generato sarebbe di 328 miliardi di euro rispetto a uno scenario inerziale. I posti di lavoro netti in più sarebbero pari 2,6 milioni di unità, i minori costi per l'inquinamento di 614 miliardi di euro, il risparmio sulle spese per combustibili fossili di 1.914 miliardi di euro (*Studio Enel e European House-Ambrosetti*, settembre 2021).

Non da ultimo, la scelta 'Net Zero' garantirebbe grandi benefici in termini di sicurezza energetica con una riduzione dell'intensità dell'utilizzo di gas (-94% dell'intensità di gas sul PIL rispetto al 2020) e della dipendenza energetica (-73,5 % rispetto al 2020) (aggiornamento *Studio Enel - European House*, settembre 2022). Posso però concludere con una piccola nota di ottimismo e di speranza: la buona notizia è che abbiamo le capacità per azzerare le emissioni nette di gas serra e per convertire l'attuale modello lineare di economia ad alto consumo di risorse naturali, in un modello circolare a basso prelievo, basta volerlo: molte tecnologie energeticamente pulite e *green* sono ormai disponibili a costi non elevati, altre si renderanno disponibili in pochi decenni, o addirittura in pochi anni (ad esempio quelle all'idrogeno verde). Siamo quindi in grado di trasformare le nuove sfide epocali in opportunità, di farne la base di un *Green New Deal*: un nuovo sviluppo, in pace con il clima e con la natura, in grado di alimentare un benessere, più sobrio e di migliore qualità, durevole e più inclusivo.

transport and to cut gas consumption in buildings.

One thing we know for sure: that measures to reduce the energy consumption of the public and private building stock must be strengthened. Buildings, as you mentioned, are responsible for almost half of the energy consumption in Italy today. This consumption must be reduced through efficiency and electrification. In the PNIEC's proposal for 2030, thermal consumption (not only buildings, also a share of industry) is to be reduced by only 10 per cent by 2030. The plan also foresees a significant diffusion of heat pumps, which according to first estimates should involve something like 7-8 million homes between now and 2030: a challenging goal, for which, however, there is a lack of indication on the measures to be taken to reach it. Italy's slow pace in energy and climate measures also reduces the potential for

economic recovery. It has been shown that for every euro spent to achieve the 'Net Zero' targets, additional economic activity of 1.64 euro would be generated. The economic return generated would be EUR 328 billion compared to a 'Net Zero' scenario. Net additional jobs would amount to 2.6 million, pollution costs to EUR 614 billion, and savings on fossil fuel expenses to EUR 1.914 billion (*Enel and European House-Ambrosetti study*, September 2021).

Last but not least, the 'Net Zero' choice would guarantee great benefits in terms of energy security with a reduction in gas intensity (-94% of gas intensity on GDP compared to 2020) and energy dependence (-73.5% compared to 2020) (*Enel - European House Study update*, September 2022).

I can, however, conclude on a small note of optimism and hope: the good news is that we have the capacity to reduce net greenhouse gas emissions to zero, and

Né tutti i cittadini, né tutti i Paesi del mondo cambieranno contemporaneamente tutti insieme. Alcuni cammineranno più velocemente sulla strada dei modelli di consumo e degli stili di vita ecologici della nuova era: più saremo, maggiore sarà il nostro impatto generale positivo e maggiore sarà il nostro effetto di traino dei ritardatari. Alcuni Paesi – più avanzati e meglio governati – avranno un ruolo di punta nella promozione della transizione energetica ed ecologica. E, come è avvenuto anche in altri cambiamenti storici, altri Paesi, via via, seguiranno. La transizione energetica, intrinsecamente legata a quella ecologica e climatica, a me pare ormai delineata e avviata. Il problema principale mi paiono i tempi: la transizione energetica avverrà in tempo, in modo abbastanza esteso per prevenire la precipitazione della crisi climatica ed ecologica che sta procedendo così rapidamente?

NOTE

¹Fabrizio Tucci è Direttore del Dipartimento di Pianificazione, Design, Tecnologia dell'Architettura, Sapienza, Roma.

²Edo Ronchi è Presidente della Fondazione per lo Sviluppo Sostenibile, già Ministro dell'Ambiente, Governo italiano.

REFERENCES

McNeill J. and Engelke P. (2018), *La grande accelerazione. Una storia ambientale dell'Antropocene dopo il 1945*, Einaudi.

McDonough, W. and Braungart, M. (2010), *Cradle to Cradle: Remaking the way we make things*. North Point Press, Farrar, Straus and Giroux, NY, USA.

Ness, D. (2022), "Towards sufficiency and solidarity: COP27 implications for construction and property", *Buildings and Cities*, Vol. 3, n. 1, pp. 912-919.

to convert the current linear model of an economy with a high consumption of natural resources into a circular model with a low consumption, if we want to: many clean and *green* energy technologies are now available at low cost, and others will become available in a few decades, or even a few years (e.g. green hydrogen). We are therefore in a position to turn the new epochal challenges into opportunities, to make them the basis of a *Green New Deal*: a new development, at peace with the climate and nature, capable of nurturing a more sober and better quality, durable and more inclusive well-being.

Neither all citizens nor all countries in the world will change at the same time. Some will walk faster on the road of the new era's consumption patterns and ecological lifestyles: the more of us there are, the greater our overall positive impact will be, and the greater our pulling effect on the laggards. Some

countries – more advanced and better governed – will play a leading role in promoting the energy and ecological transition. And, as has been the case with other historical changes, other countries will gradually follow. The energy transition, intrinsically linked to the ecological and climate transition, seems to me to be outlined and underway. The main problem seems to me to be the timing: will the energy transition take place in time, in a sufficiently extensive manner to prevent the precipitation of the climate and ecological crisis that is proceeding so rapidly?

NOTES

¹Fabrizio Tucci is Director of the Department of Planning, Design, Technology of Architecture, Sapienza, Rome

²Edo Ronchi is President of the Foundation for Sustainable Development, former Minister of the Environment, Italian Government

a cura di/edited by **Francesca Giglio**, <https://orcid.org/0000-0002-5047-754X>

Introduzione

Transizione Energetica. Un numero che evidenzia l'emergenza, la necessità e l'urgenza di un cambiamento sistemico che la nostra era sta affrontando, su un tema la cui conoscenza diffusa tra la cittadinanza sta trovando interesse, condivisione, insieme ad aspetti ancora controversi da risolvere. Un paradigma culturale che legge nell'Energia il valore di un Bene Comune, per una transizione verso una società urbana a basse emissioni di carbonio. La promozione dell'innovazione nella transizione energetica – sia nella tecnologia che nell'impegno dei cittadini – individua nelle città un rilevante campo di sperimentazione attraverso ricerche empiriche e applicate sia nel campo della pianificazione urbana che in quello dell'energia sostenibile. È su questi temi che si sviluppano i tre testi selezionati per la Rubrica Recensioni. Il primo – di Livio De Santoli (2021), *Energia per la gente: Il futuro di un bene comune*, Castelvecchi Editore, – è recensito da Francesco Pastura¹. Con grande capacità comunicativa, De Santoli racconta le interazioni tra energia, economia, società e cultura, prendendo suggerimenti dalla fantascienza come dallo sport, e soprattutto dalla musica degli anni Settanta. Nella sua recensione, F. Pastura scandisce con accuratezza, utilizzando quasi la stessa ritmica del testo, i concetti chiave su cui si basa De Santoli, raffrontandoli anche con la prima edizione del testo stesso. In particolare, Pastura si sofferma sulla importanza dell'acquisizione dei caratteri di un diverso Paradigma Culturale rispetto alla obbligatoria necessità di una trasformazione della nostra vita sociale ed economica in senso ecologico. L'assunzione, cioè, della consapevolezza di una realtà globale a Risorse Finite e di una non procrastinazione della proposizione di modelli di sviluppo a Crescita Continua. Gli sviluppi sull'accesso all'energia e sulla transizione energetica, rappresentano un file rouge con il secondo testo (*open access*) di

Aminata Fall, Reinhard Haas (2022) *Sustainable Energy Access for Communities. Rethinking the Energy Agenda for Cities*, Springer, recensito da Laura Daglio². Il testo raccoglie esperienze e casi studio di esperti di tutto il mondo che discutono gli sforzi necessari per raggiungere gli SDGs delle Nazioni Unite. Laura Daglio nella sua recensione, descrive il focus del testo, sugli studi e contributi di ricerca sviluppati attraverso il progetto *Sustainable Energy Access for Sustainable Cities (Sea4cities)*, individuando un approccio originale rispetto alla letteratura corrente sul tema, più orientata alle aree rurali o remote e con scarsa infrastrutturazione. L. Daglio evidenzia la strutturazione del testo e le tematiche connesse, attraverso il tema dell'accessibilità all'energia sostenibile nelle aree urbane dell'Africa subsahariana, con particolare riferimento al Senegal, stante anche le previsioni della crescente urbanizzazione anche in questi contesti. L'attenzione è ricondotta, a conclusione, alla importanza di un approccio partecipato per le città e il ruolo dell'integrazione con i caratteri economici e sociali e in parte anche insediativi dei contesti. Con riferimento alla necessità di nuovi modelli di sviluppo, le città rappresentano un bacino di sperimentazione particolarmente significativo nelle strategie di intervento orientate alla transizione energetica, attraverso l'uso di fonti rinnovabili e lo sviluppo delle comunità energetiche. In questa traiettoria si colloca il terzo testo – di Miguel Amado, Francesca Poggi (2022) *Sustainable Energy Transition for Cities*, Elsevier – recensito da Enza Tersigni³. Utilizzando un quadro multidisciplinare, il volume, anch'esso caratterizzato da contributi di ricerca, considera le città come un sistema integrato composto da componenti quali quartieri e distretti all'interno di un bilancio energetico complessivo *Net-zero*. Enza Tersigni nella sua recensione, ne fa un'analisi attenta, puntuale e sistematica, evidenziando, rispetto alla strutturazione del testo, il tentativo costante di collegare il concetto di

Introduction

Energy Transition. An issue that highlights the emergency, need and urgency of a systemic change that our era is facing, on a topic whose widespread knowledge among the citizenry is finding interest, sharing, along with still controversial aspects to be resolved. A cultural paradigm that reads in Energy the value of a Common Good, for a transition to a low-carbon urban society. The promotion of innovation in the energy transition-both in technology and citizen engagement-identifies cities as a relevant field of experimentation through empirical and applied research in both urban planning and sustainable energy. It is on these themes that the three texts selected for the Reviews Rubric are developed. The first – by Livio De Santoli (2021), *Energia per la gente: Il futuro di un bene comune*, Castelvecchi Editore, – is reviewed by Francesco Pastura¹. With great communicative

ability, De Santoli recounts the interactions between energy, economy, society and culture, taking suggestions from science fiction as well as sports, and especially the music of the 1970s. In his review, F. Pastura accurately punctuates, using almost the same rhythmic pattern as the text, the key concepts on which De Santoli relies, also comparing them with the first edition of the text itself. In particular, Pastura dwells on the importance of acquiring the characters of a different Cultural Paradigm with respect to the obligatory need for an ecological transformation of our social and economic life. That is, the assumption of an awareness of a global Finite Resource reality and a non-procrastination of the proposition of Continuous Growth development models. Developments on energy access and energy transition, represent a common thread with the second (*open access*) text by Aminata Fall, Reinhard Haas

(2022) *Sustainable Energy Access for Communities. Rethinking the Energy Agenda for Cities*, Springer, reviewed by Laura Daglio². The text brings together experiences and case studies from experts around the world who discuss the efforts needed to achieve the UN SDGs. Laura Daglio in her review, describes the focus of the text, on the studies and research contributions developed through the Sustainable Energy Access for Sustainable Cities (Sea4cities) project, identifying an original approach compared to the current literature on the topic, which is more oriented to rural or remote areas with poor infrastructure. L. Daglio highlights the structuring of the text and related issues through the theme of accessibility to sustainable energy in urban areas of sub-Saharan Africa, with particular reference to Senegal, given the predictions of increasing urbanization in these contexts as well. In

conclusion, the focus is brought back to the importance of a participatory approach for cities and the role of integration with the economic and social and, to some extent, settlement characteristics of the contexts. With regard to the need for new development models, cities represent a particularly significant pool of experimentation in intervention strategies oriented toward energy transition, through the use of renewable sources and the development of energy communities. In this trajectory is the third text – by Miguel Amado, Francesca Poggi (2022) *Sustainable Energy Transition for Cities*, Elsevier – reviewed by Enza Tersigni³. Using a multidisciplinary framework, the volume, also featuring research contributions, considers cities as an integrated system composed of components such as neighborhoods and districts within an overall *Net-zero* energy balance. Enza Tersigni, in her review, makes a

transizione energetica con quello di città, sia sul piano politico che su quello della progettazione urbana. E. Tersigni estrapola le tematiche più dirimenti affrontate nei dieci capitoli, estrapolando l'evoluzione, le caratteristiche e l'impatto sulle città del futuro dei nuovi modelli di città – smart, digitale ed elettronica, l'attenzione alle soluzioni energetiche innovative e al loro ruolo nel promuovere l'efficienza energetica degli edifici, la pianificazione, la progettazione urbana sostenibile e l'economia circolare. È ben noto che la strada per la transizione energetica è segnata, grazie agli obiettivi europei: taglio del 55% delle emissioni di anidride carbonica entro il 2030, previsto dal *Green Deal*, per giungere alle zero emissioni nette, il traguardo della neutralità climatica, entro il 2050 in Unione europea. Obiettivi ambiziosi, che richiedono Transizioni di sistema, così come evidenziato dall' *IPCC 6th Assessment Report*, AR6, attraverso la diffusione di tecnologie a basse o zero emissioni; la riduzione e la modifica della domanda attraverso la progettazione delle infrastrutture e l'accesso alle stesse, i cambiamenti socioculturali e comportamentali e l'aumento dell'efficienza e dell'adozione delle tecnologie, la protezione sociale, i servizi climatici o altri servizi, la protezione e il ripristino degli ecosistemi. Tali tecnologie sono già disponibili e sono opzioni fattibili, efficaci e a basso costo per la mitigazione e l'adattamento. Di cambiamento climatico si parla da più di trent'anni, ma in questo particolare momento, l'argomento è diffuso mediaticamente e politicamente, consentendone una maggiore conoscenza e condivisione.

Il cambiamento a cui la transizione energetica ci chiama, è un cambiamento globale, in cui gli aspetti tecnologici, non possono essere sufficienti se non sono avvalorati e integrati da quelli a carattere culturale e sociale. Il ruolo della partecipazione, della co-progettazione, della cittadinanza attiva, è motore trainante di un processo verso la decarbonizzazione che vede il settore delle

careful, timely and systematic analysis, highlighting, with respect to the structuring of the text, the constant attempt to link the concept of energy transition with that of the city, both on the policy and urban design levels. E. Tersigni extrapolates the most disruptive issues addressed in the ten chapters, extrapolating the evolution, characteristics and impact on future cities of new city models-smart, digital and electronic, the focus on innovative energy solutions and their role in promoting energy efficiency of buildings, planning, sustainable urban design and circular economy. It is well known that the road to the energy transition is marked, thanks to European targets: a 55 percent cut in carbon dioxide emissions by 2030 under the Green Deal, to reach net zero emissions, the goal of climate neutrality, by 2050 in the European Union. Ambitious goals, requiring System Transitions, as highlighted by

The IPCC 6th Assessment Report, AR6, through deployment of low or zero emission technologies; demand reduction and change through infrastructure design and access; socio-cultural and behavioral changes and increased efficiency and technology adoption; social protection, climate services or other services; and ecosystem protection and rehabilitation. Such technologies are already available and are feasible, effective, and low-cost options for mitigation and adaptation. Climate change has been talked about for more than 30 years, but at this particular time, the topic is widespread in the media and politically, allowing for greater knowledge and sharing.

The change to which the energy transition is calling us, is a global change, in which technological aspects, cannot be sufficient if they are not corroborated and complemented by those of a cultural and social nature. The role

costruzioni particolarmente coinvolto e responsabile delle emissioni di gas serra e delle conseguenze sul cambiamento climatico in atto. La tecnologia, condizione necessaria a rendere sostenibile l'approvvigionamento energetico, non è quindi anche condizione sufficiente; e la trasformazione del sistema energetico, così come il suo funzionamento e mantenimento, dipende dalla evoluzione e reciproco adattamento delle componenti sociali e tecniche che lo caratterizzano come sistema socio-tecnico (Geels, 2002; Smith, 2007). La transizione energetica, quindi, innescherà inevitabilmente processi di innovazione sociale, radicale, dirimente in cui l'energia rappresenterà un valore comune da gestire in maniera alternativa e da condividere, promuovendo l'accettazione delle nuove tecnologie, contenendo il rischio di riproduzione di disuguaglianze sociali e considerando la rilevanza degli aspetti culturali e simbolici e degli stili di vita legati al consumo di energia.

NOTE

¹ Francesco Pastura è Professore Associato in Tecnologia dell'Architettura presso il Dipartimento Architettura e Territorio (DARTE) dell'Università Mediterranea di Reggio Calabria.

² Laura Daglio è Professore Associato in Tecnologia dell'Architettura presso il Dipartimento di Architettura, Ingegneria delle Costruzioni e Ambiente Costruito (DABC) del Politecnico di Milano.

³ Enza Tersigni è Ricercatore in Tecnologia dell'Architettura presso il Dipartimento di Architettura (DIARC) dell'Università degli Studi di Napoli Federico II.

REFERENCES

Geels, F., (2002), "Technological transitions as evolutionary reconfiguration processes: a multi-level perspective and a case-study", *Research Policy*, Vol. 31, n. 8-9, pp. 1257-1274.

Smith, A., (2007), "Translating sustainabilities between green niches and socio-technical regimes", *Technology Analysis and Strategic Management*, Vol. 19, pp. 427-450.

of participation, co-design, and active citizenship, is a driving force in a process toward decarbonization that sees the construction sector particularly involved in and responsible for greenhouse gas emissions and the consequences on ongoing climate change. Technology, a necessary condition to make energy supply sustainable, is therefore also not a sufficient condition; and the transformation of the energy system, as well as its operation and maintenance, depends on the evolution and mutual adaptation of the social and technical components that characterize it as a socio-technical system (Geels, 2002; Smith, 2007). The energy transition, therefore, will inevitably trigger processes of social, radical, disruptive innovation in which energy will represent a common value to be managed alternatively and shared, promoting acceptance of new technologies, containing the risk of re-

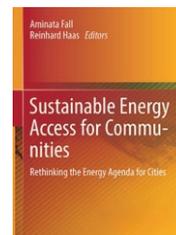
production of social inequalities, and considering the relevance of cultural and symbolic aspects and lifestyles related to energy consumption.

NOTES

¹ Francesco Pastura is Associate Professor in Architectural Technology at the Department of Architecture and Territory (DARTE) of Università Mediterranea di Reggio Calabria.

² Laura Daglio is Associate Professor in Architectural Technology at the Department of Architecture, Built Environment and Construction Engineering (DABC) of Politecnico di Milano.

³ Enza Tersigni is Researcher in Architectural Technology at the Department of Architecture (DIARC) of Università degli Studi di Napoli Federico II.



Aminata Fall & Reinhard Haas (Eds)
Sustainable Energy Access for Communities. Rethinking the Energy Agenda for Cities
Springer, 2022

Dal 2010 al 2020 la percentuale di popolazione che ha accesso all'energia elettrica è salita dall'83 al 91%, eppure ancora 733 milioni di persone vivono al buio, di cui tre quarti nell'Africa subsahariana, mentre 2,4 miliardi utilizzano combustibili nocivi e inquinanti per cucinare. Inoltre, i flussi finanziari internazionali destinati a sostenere i paesi in via di sviluppo nella transizione verso l'uso di energia pulita e rinnovabile hanno subito una contrazione del 23,6% dal 2018 al 2019, già precedente allo scoppio della crisi pandemica del Covid-19¹.

All'interno dell'Agenda 2030, l'Obiettivo per lo sviluppo sostenibile n. 7 – assicurare a tutti l'accesso a sistemi di energia economici, affidabili, sostenibili e moderni – pone l'enfasi sulla questione della accessibilità energetica, ma implicitamente raccomanda che questo traguardo non comprometta le strategie di mitigazione del cambiamento climatico, e ribadisce così l'inscindibile relazione fra accesso all'energia pulita e sviluppo sostenibile.

Il volume, curato da Aminata Fall e Reinhard Haas², si pone proprio il problema di dimostrare come questo sia possibile, raccogliendo studi e contributi di ricerca sviluppati attraverso il progetto *Sustainable Energy Access for Sustainable Cities (Sea4cities)*. Si tratta di una collaborazione fra l'*Ecole Polytechnique di Thies* (Senegal) e la *Technische Universität di Vienna*, finanziata da ADA (Austria Development Agency), l'agenzia austriaca per la cooperazione allo sviluppo, nell'ambito del

Between 2010 to 2020, the percentage of the population with access to electricity rose from 83 to 91%, however 733 million people still live in the dark, with more than three-quarters of them in sub-Saharan Africa and 2.4 billion using harmful and polluting fuels for cooking. However, international financial flows to developing countries in support of clean and renewable energy contracted by 23.6% from 2018 to 2019, already before the outbreak of the Covid-19 pandemic crisis¹.

Within the 2030 Agenda, the Sustainable Development Goal 7 – ensure access to affordable, reliable, sustainable and modern energy for all – emphasizes the issue of energy accessibility, but implicitly indicates that this goal should not compromise climate change mitigation strategies, and thus reaffirms the nexus between access to clean energy and sustainable development.

The volume, edited by Aminata Fall and Reinhard Haas², sets to demonstrate how this is possible, collecting studies and research contributions developed through the Sustainable Energy Access for Sustainable Cities (Sea4cities) project. It is an academic partnership between Ecole Polytechnique Thies (Senegal) and Technische Universität di Vienna, funded by ADA (Austria Development Agency), the Austrian agency for development cooperation, within the APPEAR program (Austrian Partnership Program in Higher Education and Research for Development), which in fact has the aim of strengthening the institutional capacities in higher education, research and management in developing areas by supporting research agreements between Austrian and local academic institutions and PhD scholarships as a contribution to ef-

fective and sustainable reduction of poverty. Sea4cities, featuring an innovative paradigm evolution in terms of epistemological and methodological approaches, allows local and European organizations to work together in a process of mutual growth and exchange and share different skills, learning from experiences, which are all convened in a platform for disseminating knowledge in order to lay the foundations for an autonomous development path in the territories covered by the research. In this sense, the goal of extending sustainable energy access is understood as inseparable from inclusive knowledge, equal opportunities in education, peacebuilding and democratisation overcoming conflicts through forms of participatory governance by local communities and the adoption of appropriate technological innovations.

programma APPEAR (*Austrian Partnership Programme in Higher Education and Research for Development*), che ha infatti la finalità di rafforzare la formazione superiore nelle aree in via di sviluppo, supportando accordi di ricerca fra le istituzioni accademiche austriache e locali e borse di studio dottorali per contribuire alla riduzione della povertà. Sea4cities, mettendo in atto una metodologia innovativa nell'ambito della cooperazione internazionale e della ricerca scientifica, consente di far lavorare fianco a fianco più organizzazioni, locali ed europee e condividere competenze, esperienze e conoscenze diverse in un processo di crescita e scambio reciproco, che sia poi disseminato e getti così le basi per un percorso di sviluppo autonomo nei territori oggetto della ricerca.

In tal senso l'obiettivo di allargare a tutti l'accessibilità a forme di energia sostenibile è inteso come non separabile dalla condivisione della conoscenza, dalla garanzia di pari opportunità di formazione, superamento dei conflitti e diffusione della democrazia attraverso forme di governance partecipata da parte delle comunità locali e l'adozione di innovazioni tecnologiche appropriate. Con un approccio originale rispetto alla letteratura corrente sul tema, più orientata alle aree rurali o remote e con scarsa infrastrutturazione, il lavoro di ricerca tratta il tema dell'accessibilità all'energia sostenibile nelle aree urbane dell'Africa subsahariana con particolare riferimento al Senegal, stante anche le previsioni della rapida e crescente urbanizzazione anche in questi contesti.

Le prospettive di implementazione del SDG 7 sono analizzate studiate e valutate rispetto alla fattibilità nelle diverse dimensioni, non solo tecnica o economica ma anche sociale e istituzionale, individuando rischi, potenzialità e limiti e come superarli, a

With an original approach to the current literature on the subject, more oriented to rural or remote areas lacking infrastructures, the research deals with the issue of accessibility to sustainable energy in urban areas of sub-Saharan Africa with a focus on Senegal, stemming from the prospects of urban growth also in these contexts. Different scenarios for SDG 7 implementation are analysed, studied, and evaluated with respect to feasibility in the various dimensions, not only technical or economic but also social and institutional, identifying risks, potentials, and limits. Accordingly, the study sets out to overcome barriers, starting from a deep understanding of the characters of the specific contexts, where the most advanced experiences conducted in industrialized countries do not represent a model but a reference, a set of methodologies that must

With an original approach to the current literature on the subject, more oriented to rural or remote areas lacking infrastructures, the research deals with the issue of accessibility to sustainable energy in urban areas of sub-Saharan Africa with a focus on Senegal, stemming from the prospects of urban growth also in these contexts.

Different scenarios for SDG 7 implementation are analysed, studied, and evaluated with respect to feasibility in the various dimensions, not only technical or economic but also social and institutional, identifying risks, potentials, and limits. Accordingly, the study sets out to overcome barriers, starting from a deep understanding of the characters of the specific contexts, where the most advanced experiences conducted in industrialized countries do not represent a model but a reference, a set of methodologies that must

partire da una conoscenza delle specificità dei luoghi, dove cioè le più avanzate esperienze condotte nei paesi industrializzati rappresentano non un modello ma un riferimento, un bagaglio di metodologie che va interpretato ed eventualmente adattato alla realtà locale. Si tratta di una esplorazione a tutto tondo che individua e tenta di risolvere le problematiche ricorrenti sia con misure basilari immediate, sia con una visione anche a lungo termine dello sviluppo sostenibile di queste aree.

L'articolazione dei singoli contributi è organizzata secondo tre tematiche: una prima parte affronta la questione delle politiche per l'accessibilità all'energia sostenibile, individuando in un approccio bottom up e nel coinvolgimento diretto delle amministrazioni locali la via non complementare ma trainante rispetto ad una pianificazione quadro centralizzata. È infatti nelle città, attraverso un approccio partecipato, ma soprattutto attraverso l'integrazione con i caratteri economici e sociali e in parte anche insediativi dei contesti, che è possibile definire un percorso adeguato e fattibile di sviluppo attraverso una produzione diffusa dell'energia pulita. Altrettanto, le soluzioni tecnologiche sono prese in considerazione, senza affidarsi all'importazione di innovazioni tout court, spesso frutto di donazioni dalla cooperazione internazionale consistenti ma non mirate o adeguate, bensì valutando le fonti possibili, il superamento delle barriere infrastrutturali e gli strumenti di programmazione appropriati anche sperimentando software di pianificazione e simulazione. Infine, viene considerato l'aspetto sociale, attraverso campagne di questionari e interviste, per comprendere le potenzialità di modifica dei comportamenti, i modelli di consumo, il grado di percezione del problema da parte della popolazione e la consapevolezza nei confronti della transizione ecologica al fine di de-

be interpreted and adapted to the local reality. It is an all-round exploration that identifies and attempts to resolve recurring problems both with direct basic measures and with a long-term vision of the sustainable development of the place.

Within the collective book, the individual contributions are organized according to three themes: a first section deals with governance and the definition of suitable policies for accessibility to sustainable energy, identifying local municipalities as the main driver for change and thus the need for political reforms to engage and empower communities to take a leading role in delivering energy transition. It is in fact in cities, through a bottom-up participatory approach, but mainly through the integration with the economic, social, and urban/geographic features of the areas, that it is possible to define an ad-

equat and feasible development path through a distributed production of clean energy.

Moreover, technologies are evaluated, not relying on the importation of innovations tout court – often resulting from substantial but not targeted or adequate donations from international cooperation – but rather assessing the possible energy sources, the infrastructural barriers and the application of appropriate planning tools and the test of new simulation software.

Finally, the social aspect is considered, through campaigns of questionnaires and interviews to understand the potential for behavioural change, consumption patterns, citizens' perception, and commitment to initiatives in ecological transition in order to define communication tools or incentives to engage them in adopting new virtuous attitudes.

finire gli strumenti di comunicazione o incentivi per orientarli verso attitudini virtuose.

È in questo approccio inclusivo, nella consapevolezza di dover gestire il carattere multidimensionale (istituzionale, economico, sociale, culturale e fisico spaziale) della questione dell'energia che il testo offre un interessante ed originale contributo al dibattito contemporaneo sulla transizione verde. La sostenibilità energetica è intesa infatti alla confluenza di: rispetto dell'ambiente, accessibilità economica e accettabilità sociale, mentre spesso nel passato la ricerca si è concentrata su uno solo degli aspetti trascurandone la interrelazione. In questo senso, sebbene gli studi e le proposte messe in campo non affrontino la complessità del rapporto fra infrastrutture energetiche e paesaggio, nella varietà degli aspetti progettuali alle diverse scale, l'obiettivo di multifunzionalità e di una attitudine sistemica per attivare sinergie ed integrazioni sia dal punto di vista materiale che immateriale resta una fondamentale lezione anche per i paesi industrializzati, che, a fronte della recente crisi energetica internazionale, valutano invece l'adozione di misure a qualsiasi costo tali da compromettere la strada intrapresa verso la transizione verde e gli obiettivi condivisi dell'Agenda 2030.

NOTE

¹ <https://sdgs.un.org/goals/goal7> (accessed on 05/04/2023).

² Rispettivamente coordinatrice del progetto Sea4cities e direttore del Gruppo di Economia dell'Energia presso la Technische Universität di Vienna.

Laura Daglio

<https://orcid.org/0000-0002-0645-1094>

It is in this inclusive approach, in the awareness of having to manage the multidimensional nature (institutional, economic, social, cultural, and spatial physical) of the energy issue that the book offers an interesting and original contribution to contemporary debate on the green transition. In fact, energy sustainability is understood as at the confluence of respect for the environment, economic accessibility, and social acceptability, while often in the past research focused on only one of the aspects, neglecting the fundamental nexus. Accordingly, although the studies and proposals collected do not address the complexity of the relationship between energy infrastructures and the landscape in the variety of the design aspects at the different scales, the multifunctionality goal and the systemic approach adopted to activate both material and immaterial syner-

gies and integrations, stands as a fundamental lesson of the publication. It is an example and a warning also for industrialized countries, which in the face of the recent international energy crisis are instead evaluating the adoption of measures regardless of the commitments undertaken, putting the green transition and the shared objectives of the 2030 Agenda at risk.

NOTES

¹ <https://sdgs.un.org/goals/goal7> (accessed on 05/04/2023).

² Coordinator of SEA4cities and head of the Energy Economics Group respectively at the Vienna University of Technology.



Livio De Santoli

Energia per la Gente: Il Futuro di un Bene Comune

Castelvecchi Editore, 2021

Il saggio di Livio De Santoli – *Energia per la Gente: Il Futuro di un Bene Comune*, è un testo in linea con il carattere e l'imprinting dell'attuale numero di *TECHNE* che, attraverso i contributi raccolti in merito ai tre *topic* proposti – Visioni Globali; Dinamiche Strategiche; Soluzioni Innovative – intende offrire un panorama di riletture della Cultura Tecnologica Contemporanea sul tema della Transizione Energetica.

Livio de Santoli, docente di *Energy Management* presso l'Università di Roma La Sapienza, in *Energia per la gente*, ridefinendo la necessità di un nuovo Modello Energetico, sostiene che, esso, debba assumersi attraverso un attualizzato e condiviso paradigma culturale che lo presupponga e lo strutturi.

Egli, infatti, ribadisce che la ricchezza delle risorse naturali (acqua, sole, vento) rendendo inapplicabile il concetto di Proprietà Privata, evidenzia – per contro – la necessaria riproposizione del concetto di Bene Comune.

Ad oltre dieci anni dal Referendum sulle Acque, quindi, le riflessioni di De Santoli tornano a focalizzare la tematica dei Beni Comuni. Tematica – da tempo – preponderante e oggetto, anche, di numerose proposizioni di norme e legislazioni.

Un complesso di assunti, quindi, che, già definiti nel suo precedente testo *Le Comunità dell'Energia* (Quodlibet, 2011), giungendo, qui, a qualificare l'Energia – in quanto Bene Comune – come diritto irrinunciabile, propongono il superamento del modello di Energia di Proprietà, costoso, divisivo ed escludente. Una condizione, che l'attuale crisi – eloquentemente tratteggiata

The essay written by Livio De Santoli – *Energia per la Gente: Il Futuro di un Bene Comune*, is a text in line with the character and imprinting of the current issue of *Techne* that, through the contributions collected on the three proposed topics – *Visioni Globali; Dinamiche Strategiche; Soluzioni Innovative* (Global Visions; Strategic Dynamics; Innovative Solutions) – aims to offer a panorama of reinterpretations of Contemporary Technological Culture on the theme of Energy Transition.

Livio De Santoli, professor of *Energy Management* at the University of Rome *La Sapienza*, in *Energia per la Gente*, redefining the need for a new Energy Model, argues that it must assume through an updated and shared cultural paradigm that presupposes and structure.

In fact, he reiterates that the richness of natural resources (water, sun, wind)

making the concept of Private Property inapplicable, highlights – on the contrary – the necessary re-proposal of the concept of the Common Good. More than ten years after the *Referendum on Water*, therefore, De Santoli's reflections return to focus on Common Goods. Theme – for some time – preponderant and object, also, of numerous propositions of norms and legislations. A complex of assumptions, therefore, that, already defined in its previous text *Le Comunità dell'Energia* (Quodlibet, 2011), coming, here, to qualify Energy – as a Common Good – as an inalienable right, propose the overcoming of the model of Energy Property, expensive, divisive, and excluding.

A condition, that the current crisis – eloquently outlined by De Santoli in the preface to the second edition of his essay – increases, given the availability of energy, not equally accessible to all

the peoples of the World, achieving high levels of environmental and social vulnerability. It is evident, in fact, how much the wealth of natural resources, in our planet, is distributed in an uneven way and, above all, how much this depends, only partially, from the territorial dislocation of those resources.

Si evidenzia, infatti, quanto la ricchezza delle risorse naturali, nel nostro pianeta, sia distribuita in maniera disomogenea e, soprattutto, quanto ciò, dipenda, soltanto parzialmente, dalla dislocazione territoriale delle dette risorse.

Si rileva, infatti, che sia l'1% della popolazione terrestre a gestire la quasi metà delle risorse globali – circa il 48 % – mentre è il 19% a beneficiarne per il 46,5% del totale. Dal che, l'inquietante dato, che l'80% della popolazione mondiale si ripartisca il rimanente 5,5% delle risorse dell'intero pianeta.

Una problematica condizione destinata – strutturalmente – a generare grandi separatezze e, soprattutto, ad accrescere ulteriori divari conflittuali.

A fronte dello scenario delineato si sottolinea che saranno soltanto le ben solide economie a gestire mezzi finanziari idonei, atti a consentire adeguati investimenti nelle realtà e nei settori delle energie alternative che, rivelandosi ad alta redditività, creeranno ulteriori accumuli di ricchezza.

Uno *Status*, dalla reiterabilità inaccettabile che, una cultura dell'adozione di fonti rinnovabili e il conseguente costituirsi di Comunità Energetiche che producono e gestiscono la propria energia alternativa, sta – di fatto – sostanzialmente sovvertendo, orientandolo verso un profondo cambiamento.

La reificazione, cioè, di un volano per il conseguimento di una equa redistribuzione delle ricchezze, che non consentirà oltre la concezione di una Energia di Proprietà, in regime di monopolio, a vantaggio di poche Multinazionali.

the well-established economies will manage adequate financial resources, capable of allowing adequate investment in the realities and sectors of alternative energy that if they turn out to be highly profitable investments, they will create further accumulations of wealth.

A *Status*, unacceptable repeatability that, a culture of the adoption of renewable sources and the consequent establishment of Energy Communities that produce and manage their alternative energy, is – in fact – substantially subverting, directing it towards a profound change.

The reification, that is, of a driving force for the achievement of a fair redistribution of wealth, which will not allow beyond the conception of an Energy of Ownership, in a monopoly regime, to the advantage of a few Multinationals.

The reification, that is, of a driving force for the achievement of a fair redistribution of wealth, which will not allow beyond the conception of an Energy of Ownership, in a monopoly regime, to the advantage of a few Multinationals.

In view of the scenario outlined, in fact, it is stressed that, therefore, only

Nel merito, De Santoli rapporta quanto stia accadendo in campo energetico, al pari di ciò che sia avvenuto in campo agricolo, con l'accoglimento e la diffusione del modello – per lo più biologico – del Km 0.

Tanti piccoli Coltivatori di Energia, quindi, che, entrando nel processo produttivo della risorsa, dimostrino quanto, un modello realizzato su una concezione superata – costosa e divisiva – costituisca un profondo elemento critico per la società contemporanea, stante la condizione per la quale si continuino a dover sostenere i crescenti costi di una risorsa prodotta e gestita da dinamiche stantie.

La produzione diffusa di Energie Rinnovabili, inoltre, definendo l'apporto di indiscutibili benefici per l'intero Sistema Ambiente del Pianeta, si propone come veicolo di induzione di reali processi di salvaguardia e tutela, per i Tempi a venire, del Mondo a venire. Accanto ad ambiente, acqua e aria, quindi, anche l'Energia Rinnovabile dovrà, necessariamente ed utilmente, essere assunta e considerata tra i beni funzionali all'effettiva tutela dei fondamentali diritti dell'uomo e, pertanto, esser colta al di fuori della superata e stantia ideologia del *Mercato* e delle sue regole.

Una considerazione, ovviamente, densa e carica di particolari significazioni e implicazioni sociali e politiche ma, non soltanto. In più sezioni del suo testo – come premesso – De Santoli evidenzia che la obbligata necessità di una trasformazione della nostra vita sociale ed economica in senso ecologico, debba presupporre di procedere, fundamentalmente, soprattutto attraverso l'assunzione dei caratteri di un diverso Paradigma Culturale.

L'assunzione, cioè, in una realtà globale a Risorse Finite, di una non procrastinazione della proposizione di modelli di sviluppo a Crescita Continua.

On the merits, De Santoli reports what is happening in the energy field, like what happened in the agricultural field, with the acceptance and dissemination of the model – mostly biological – of zero kilometers.

Many small Energy Growers, therefore, who, entering the productive process of the resource, show how much, a model realized on an outdated conception – expensive and divisive – constitutes a deep critical element for contemporary society, given the condition for which we continue to have to bear the growing costs of a resource produced and managed by stale dynamics.

The widespread production of Renewable Energy, moreover, defining the contribution of indisputable benefits for the entire Environment System of the Planet, is proposed as a vehicle for induction of real processes of safe-

guard and protection, for the Times to come, of the World to come.

Next to the environment, water, and air, therefore, Renewable Energy must also, necessarily, and usefully, be taken on and considered among the assets functional to the effective protection of fundamental human rights and therefore, be caught outside the outdated and stale ideology of the Market and its rules.

A consideration, obviously, dense, and full of meanings and social and political implications, but not only.

In several sections of his text – as a premise – De Santoli points out that the necessary need for a transformation of our social and economic life in an ecological sense, must presuppose to proceed, fundamentally, especially through the assumption of the characters of a different Cultural Paradigm. The assumption, that is, in a global

Una condizione, quindi, ove concetti come crescita, e progresso, debbano esser colti e messi in atto in maniera rivisitata e differente, assurgendo alla veicolazione di processi in grado di garantire: oculati usi di risorse disponibili e necessarie riduzioni di sprechi.

Prima di concludere, si ritiene corretto evidenziare una ulteriore particolarità del presente saggio: la modalità con la quale l'autore lo propone al suo lettore.

Per questo suo Racconto dell'Energia, De Santoli articola la sequenza delle sue riflessioni, proponendo, per esse, l'assunzione di una loro riconducibilità alle suggestioni indotte dalla Musica. In tal senso, ogni capitolo del testo, è introdotto dalle parole delle canzoni degli artisti più rappresentativi di questi ultimi anni e riconducibili alle specifiche tematiche in ogni singolo capitolo trattate.

Il tutto, assumendo l'ipotesi – così come, molti studiosi e artisti fanno, per esempio, con la letteratura e/o con il cinema – di estendere la capacità di poter raccontare il degrado ecologico e sociale della nostra *Contemporaneità*, anche attraverso la musica.

Un peculiare *modus operandi*, volto alla conduzione della non semplice azione definitoria atta a tradurre – oggi – la rilettura dei complessi caratteri e dei connotati del Pensiero Eco-Critico contemporaneo.

Francesco Pastura

<https://orcid.org/0000-0002-4500-2216>

Finite Resources reality, of a non-procrastination of the proposition of development models to Continuous Growth.

A condition, therefore, where concepts such as growth, and progress, must be grasped and implemented in a revised and different way, becoming the vehicle of processes able to ensure wise use of available resources and necessary reductions in waste.

Before concluding, it is considered correct to highlight another peculiarity of this essay: the way in which the author proposes it to his reader.

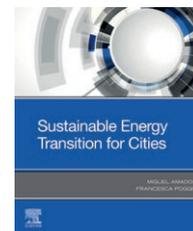
For this his Tale of Energy, De Santoli articulates the sequence of his reflections, proposing, for them, the assumption of their traceability to the suggestions induced by music.

In this sense, each chapter of the text is introduced by the words of the songs of the most representative artists of re-

cent years and traceable to the specific themes in each chapter treated.

All this, assuming the hypothesis – as well as many scholars and artists do, for example, with literature and/ or cinema – to extend the ability to be able to tell the ecological and social degradation of our Contemporaneity, also through music.

A peculiar *modus operandi*, aimed at the management of the not simple definitional action capable of translating – today – the reinterpretation of the complex characteristics and connotations of contemporary Eco-Critical Thinking.



Amado Miguel, Poggi Francesca
Sustainable Energy Transition for Cities
Elsevier, 2022

La transizione energetica è fra i processi più efficaci per mitigare gli impatti dei cambiamenti climatici verso città sostenibili e a basse emissioni di carbonio. Città che attualmente, generando circa il 70% delle emissioni globali di anidride carbonica, si rivelano determinanti per il raggiungimento del target di emissioni *net-zero* per il 2050 (IEA, 2021). Promuovere questa transizione comporta cambiamenti strutturali profondi nelle città, aprendo a dibattiti sulle implicazioni teoriche e pratiche, in particolare sull'adeguatezza degli attuali approcci politici e di progettazione. Il tema del contributo dell'energia è ormai una delle principali sfide per uno sviluppo urbano sostenibile a causa del costante aumento dei consumi energetici nel tempo e degli elevati costi e dell'impatto ambientale della produzione di energia basata su combustibili fossili. È urgente e necessario modificare i modelli di sviluppo alle diverse scale urbane, riflettendo sulla consapevolezza del ruolo dei consumatori e cambiando il modo di progettare in funzione di una transizione energetica sostenibile e incrementale per le città. Ciò conduce al concetto di bilancio energetico *net-zero*, creando soluzioni innovative e approcci sistemici per promuovere modelli di consumo e produzione più sostenibili.

Il libro *Sustainable Energy Transition for Cities*, partendo da un approccio multidisciplinare, integra ricerca empirica e applicata nel campo della progettazione urbana e dell'energia sostenibile, presentando buone pratiche coerenti e innovative per la transizione energetica urbana. Dieci capitoli affrontano

Energy transition is among the most effective process to mitigate climate change impacts toward low-carbon and sustainable cities, and the latter are key to a net-zero emissions future by 2050 since they generate around 70% of global carbon dioxide emissions (IEA, 2021). Fostering such a transition involves profound structural changes in cities, opening new debates around the theoretical and practical implications, especially about the appropriateness of current policy and planning approaches. The central role of energy has become a major concern of sustainable urban development due to the constant increase in energy consumption over time and the high cost and environmentally impacting effect of fossil fuel-based energy production. It is urgent and necessary to modify the development models at different urban scales, reflecting on

the knowledge of consumer behaviour and changing the way to plan according a sustainable and incremental energy transition for cities. This leads to the concept of net-zero energy balance creating innovative solutions and systemic approaches to reduce energy consumption patterns.

The book *Sustainable Energy Transition for Cities*, using a multidisciplinary framework, brings together empirical and applied research in both urban planning and sustainable energy, offering coherent and innovative best practices for urban energy transition planning. Ten chapters focus on specific issues, deepening the state of the art, concerns, theorization, and practical applications, linking energy transition and city on the political arena and urban planning ground.

Starting from the consideration that real-time global connectivity has led

temi specifici, approfondendo lo stato dell'arte, criticità, teorie e applicazioni pratiche, e collegando il concetto di transizione energetica con quello di città, sia sul piano politico che su quello della progettazione urbana.

Partendo dalla considerazione che la connettività globale real-time ha portato a un incremento della capacità di comunicare e alla conseguente mutazione della città, un tempo industriale, in città dell'informazione e della conoscenza (Fusero, 2009), sono approfonditi nuovi modelli di città – smart, digitale ed elettronica – evidenziandone l'evoluzione, le caratteristiche e il loro impatto sulle città del futuro. Casi studio di città iperconnesse e interconnesse da sistemi di comunicazione elettronica istantanea e supportati dall'innovazione e dalla sperimentazione di modelli di consumo più efficienti (Malaga Smart City, Amsterdam Smart City, Masdar City, Singapore), forniscono una riflessione sulla crescente capacità di contribuire alla riduzione della dipendenza dai combustibili fossili, di promuovere l'uso di fonti energetiche rinnovabili e di mitigare gli impatti ambientali e gli effetti dei cambiamenti climatici.

Un approfondimento specifico è dedicato alle soluzioni energetiche innovative e al loro ruolo nel promuovere l'efficienza energetica degli edifici, la pianificazione e la progettazione urbana sostenibile e l'economia circolare. Si tratta di un processo a lungo termine che richiederà investimenti significativi per trasformare l'ambiente costruito, i sistemi della mobilità, gli ecosistemi aziendali, i processi di costruzione e ottimizzare le reti infrastrutturali.

Un ampio capitolo del libro è dedicato al modello *Net-Zero Energy City* (NZEC) e all'insieme di parametri e indicatori che lo caratterizzano. Considerando l'analogia tra la natura siste-

to the growth of the ability to communicate and the consequent transformation of the city, once industrial, into a city of information and knowledge (Fusero, 2009), new city models – smart, digital, and electronic – are analysed deepening their evolution, characteristics, and influence on future cities. Cases studies of cities, highly connected and interconnected by systems of instant electronic communication and supported by innovation and experimentation toward more efficient consumption patterns (Malaga Smart City, Amsterdam Smart City, Masdar City, Singapore), provide an understanding of the enhanced capacity to contribute to the reduction of dependence on fossil fuels, to promote the use of renewable energy sources and to mitigate environmental impacts and effects of climate change.

A specific insight concerns the new

energy solutions and their role in promoting energy efficiency in buildings, sustainable urban planning and design, and circular economy. A long-time horizon process that will require very significant investments to transform built environments, mobility systems, business ecosystems, construction processes, and to optimize infrastructure networks.

An entire chapter of the book is dedicated to the model of Net-Zero Energy City (NZEC) and the set of parameters and indicators that support it. Considering the analogy between the systemic nature of a city and the atom structure, the approach is based on the concept of balance between energy production and consumption, creating the conditions necessary to promote energy self-reliance and improve the performance of the whole urban system. Instead of 'monolithic' projects,

mica di una città e la struttura di un atomo, l'approccio si basa sul concetto di equilibrio tra produzione e consumo di energia per generare le condizioni necessarie per promuovere l'autosufficienza energetica e migliorare le prestazioni dell'intero sistema urbano. Questo approccio, anziché incentrarsi su progetti "monolitici", si focalizza sui processi decisionali e sulla progettazione nell'ambito di unità urbane spazialmente circoscritte (il quartiere, l'isolato, l'edificio) che possono configurarsi come zone "negative, positive e neutre" e che si comportano come un sistema in equilibrio.

La transizione proposta costituisce una sfida complessa e la capacità di trasformare questa visione nella realtà varia in modo significativo da una città all'altra. Per fornire contributi empirici e concettuali a questa sfida, viene proposto un modello teorico basato su un framework di politiche e progetti urbani. Il modello proposto mira a collegare le azioni a breve termine con gli scenari a lungo termine in modo incrementale, affrontando approcci multidimensionali e multiscalari per adattarsi alle realtà urbane ed eventualmente trasformarle.

Un capitolo centrale del libro collega le questioni teoriche discusse nella prima parte con quelle empiriche successive, attraverso l'analisi di un caso di studio (il Comune di Oeiras in Portogallo). L'obiettivo è quello di illustrare un'applicazione pratica, comprendendo come la teoria e le sue astrazioni possano essere applicate a realtà urbane messe alla prova dalle sfide della transizione energetica. I capitoli che seguono hanno lo scopo di comunicare l'importanza dell'analisi dei sistemi urbani per la definizione di nuovi modelli di sviluppo energetico. Tra i *focus* del caso studio vengono approfonditi gli aspetti sociali, fisici ed energetici; il rapporto fra l'evoluzione del modello di insedia-

mento e la sua relazione con le morfologie urbane e i diversi fattori energetici; le infrastrutture urbane al fine di sviluppare progetti attuabili, sostenibili e compatibili per l'adeguamento con le reti intelligenti e le tecnologie digitali.

Conclude il volume un approfondimento sulla progettazione di NZEC che articola il processo di parametrizzazione dell'energia urbana per definire un insieme coerente di linee guida e indirizzi. Affrontando il tema della progressiva digitalizzazione della città, gli autori suggeriscono strumenti replicabili come GIS e BIM per implementare l'integrazione delle *smart grid* e l'ottimizzazione e la gestione del bilancio energetico a scala urbana, presentando un'applicazione *GIS-based* in ambiente web dal titolo *E-CITY platform*.

Il libro, destinato ad accademici, professionisti e decisori politici, riflette la necessità di affrontare un tema complesso come quello della transizione verso sistemi urbani *low carbon*, evidenziando l'urgenza di cambiare il modello di sviluppo delle società contemporanee. Gli autori pongono l'accento sull'importanza metodologica di utilizzare la teoria quale strumento di guida per la pratica e aprono a una riflessione sull'assunto che il punto di partenza per teorizzare la scienza delle città è capire che «non possiamo prevedere le città future, ma possiamo inventarle» (Batty, 2018). Modelli urbani efficaci – che tuttavia semplificano la realtà di qualcosa di così complesso come l'evoluzione delle società e le conoscenze tecniche che la caratterizzano – per essere sviluppati presuppongono un approccio di ricerca innovativo e nel libro gli autori lo trovano coniugando in modo attento teoria e prassi. Conoscenze e aspetti tecnici sono condensati a partire dalla letteratura e dalla pratica per mettere in luce le complesse relazioni tra città del futuro e

the approach focuses on decision-making and planning across a range of spatially delimited urban units (a neighbourhood, a building block, and a building) that can constitute *negative*, *positive*, and *neutral* zones that behave as an equilibrated system.

The transition envisioned is a complex challenge and the transformation of this ambition into action varies significantly from one city to another. A theoretical model based on a policies and urban planning framework is proposed to provide empirical and conceptual contributions to this challenge. The model proposed aims to connect short-term actions with long-term scenarios in an incremental way, addressing multidimension and multi-scale approaches to adapt to the urban realities, and eventually change them. A central chapter of the book links the theoretical issues discussed in the

first part, with the following empirical ones, through insights on a case study (Oeiras Municipality in Portugal). The aim is to guide practical applications understanding how theory and its abstractions can be applied to real cities struggles associated with energy transition challenges. The analytical chapters that follow aim to disclose to the reader the importance of analysing urban systems before shaping a new energy development model for cities. Case study focus are on social, physical, and energy aspects; the relationship between the evolution of the occupation model and its relationship with the urban morphologies and different energy factors; urban infrastructures and the need to develop a feasible, reliable, and coherent program to adapt them to the smart grids and digital technologies.

The book closes with reflections on

planning for a NZEC deepening the process of urban energy parameterization to define a coherent set of guidelines and orientations. Addressing the theme of the progressive digitisation of the city, the authors suggest replicable tools such as GIS and BIM to implement smart grid integration and energy balance optimization and management at the city scale, presenting a GIS-based application in a web environment called the E-CITY platform. The book, intended for academics, practitioners and policymakers, reflects the need to address such a complex topic as the transition to a low carbon urban society, highlighting the urgent need to change the model of development of contemporary societies. The authors stress on the methodological importance of using theory for guiding practice, keeping in mind that the starting point for theorizing

the science of cities is to understand that «we cannot predict future cities, but we can invent them» (Batty, 2018). Specific urban models – which simplify the reality of something as complex as the evolution of societies and the technical knowledge of the moment – require innovative research approach to be developed and in the book the authors achieve the goal linking theory to practice. Knowledge and technical contents are condensed from literature and experience to disclose the complex relationships between future cities and energy transition, demonstrating that with a sustainable urban planning approach framed in territorial policy instruments more suited to climate change, it is possible to promote a transition based on efficient resource consumption and effective implementation of neutral circular economy urban strategies.

transizione energetica, testimoniando come, con un approccio di progettazione urbana sostenibile inquadrato in strumenti di politica territoriale attenti ai cambiamenti climatici, sia possibile promuovere una transizione basata su un consumo efficiente delle risorse e sull'efficace implementazione di strategie urbane di economia circolare neutrali.

Enza Tersigni

<https://orcid.org/0000-0002-2981-1603>

REFERENCES

Batty, M., (2018), *Inventing future cities*, MIT Press.

Fusero, P., (2009), *E-City*, List- Laboratorio Editoriale.

IEA (2021), *Empowering Cities for a Net Zero Future*, IEA, Paris, available at: <https://www.iea.org/reports/empowering-cities-for-a-net-zero-future>.

a cura di/edited by Alessandro Claudi de Saint Mihiel, <https://orcid.org/0000-0002-4466-0508>

Complessità e progetto dei luoghi dell'intermodalità

Alessandro Claudi de St. Mihiel,

Responsabile della Rubrica Innovazione e sviluppo industriale

Il continuo rinnovamento e l'ampliarsi delle conoscenze dal versante scientifico a quello umanistico, dal settore della ricerca tecnologica a quello dei modelli di vita e di consumo, ha innescato nuovi livelli di complessità. Ciò determina la necessità di dover controllare simultaneamente molti parametri, dalle nuove tecniche e nuovi materiali a nuovi modi di comunicare e interagire socialmente, da nuovi modelli insediativi alle problematiche della sostenibilità e del risparmio delle risorse non rinnovabili.

Una differenziazione sempre più spinta dei ruoli all'interno del processo di progettazione e costruzione ha di fatto determinato il delinearsi di nuove figure professionali e la necessità di acquisire nuove conoscenze specialistiche che, integrate tra loro, possano rispondere alle complesse logiche dei processi di concezione e produzione dell'architettura.

Oggi più che in passato, si rende quindi necessario un approccio multidisciplinare al progetto, che sappia da un lato ricomporre la contrapposizione tra forma e costruzione e, dall'altro, individuare nuovi e adeguati strumenti teorici e operativi su cui fondare l'esperienza progettuale. Si tratta quindi di assumere un'impostazione progettuale basata su una competenza aperta alla comprensione dei molteplici apporti specialistici e capace di stabilire connessioni tra saperi originariamente anche molto distanti tra loro, allo scopo di confrontarsi con le diverse realtà che partecipano alla trasformazione dell'ambiente costruito (Campioli, 2002).

Complexity and design of intermodal places

The continuous renewal and expansion of knowledge from the scientific to the humanistic side, from the sector of technological research to that of life and consumption models, has triggered new levels of complexity. This determines the need to simultaneously control many parameters, from new techniques and new materials to new ways of communicating and interacting socially, from new settlement models to issues of sustainability and saving non-renewable resources.

An increasingly marked differentiation of roles within the design and construction process has in fact determined the emergence of new professional figures and the need to acquire new specialist knowledge which, integrated with each other, can respond to the complex logics of the processes of conception and architecture production.

Today more than in the past, a multidisciplinary approach to design is therefore necessary, which on the one hand can recompose the contrast between form and construction and, on the other hand, identify new and adequate theoretical and operational tools on which to base the design experience. It is therefore a matter of assuming a design approach based on a skill open to understanding the multiple specialist contributions and capable of establishing connections between knowledge that was originally very distant from each other, to deal with the different realities that participate in the transformation of the environment built (Campioli, 2002).

A composite and multifaceted complexity, that relating to infrastructural works, present in a widespread way in a reality that is increasingly accentuating its evolutionary character and

Una complessità composita e multiforme, quella relativa alle opere infrastrutturali, presente in modo diffuso in una realtà che va sempre di più accentuando il suo carattere evolutivo e che richiede approcci multidisciplinari basati su strategie piuttosto che su proposte o interventi isolati. Il problema è quello di riuscire a mettere a punto logiche, metodologie, modelli e criteri in grado di potersi orientare nelle scelte in vista di un futuro sempre più imprevedibile e complesso che richiede una visione olistica dei problemi.

Se il XX secolo ha visto i trasporti irrompere sulla scena urbana con una pluralità di opzioni (automobili, tram, parcheggi, linee ferrate, autostrade, metropolitane, ecc.), la grande sfida del XXI secolo è invece quella di trasformare lo spazio dei trasporti in uno spazio per il cittadino, riqualificare quindi i "non luoghi" della post-modernità in figure di nuova urbanità. Sintesi di arte e tecnica, la stazione ferroviaria è stata oggetto negli ultimi trent'anni di nuove e interessanti sperimentazioni architettoniche, assumendo dunque un nuovo volto all'interno della città. Integrazione polifunzionale, intermodalità dei diversi sistemi di trasporto e innovazione tecnologica i nuovi requisiti delle stazioni contemporanee. L'accelerazione e la moltiplicazione dei modi di trasporto, accompagnata dall'incessante evoluzione tecnologica, hanno trasformato alla fine del secolo scorso il modello tradizionale della stazione ferroviaria monomodale, in moderno polo di scambio, luogo dell'intermodalità, nodo di una rete e ritrovata "porta della città".

All'interno dello scenario su descritto la stazione-polo di scambio può essere senza ombra di dubbio una vera forma di nuova urbanità, uno dei luoghi nel quale poter reinventare la città moderna, in quanto luogo di vita e d'interazione tra gli individui, punto d'incrocio di tutti i trasporti meccanizzati del nostro se-

which requires multidisciplinary approaches based on strategies rather than on isolated proposals or interventions. The problem is that of being able to develop logics, methodologies, models and criteria capable of being able to orient themselves in choices in view of an increasingly unpredictable and complex future that requires a holistic view of the problems.

If the 20th century saw transport burst onto the urban scene with a plurality of options (cars, trams, car parks, railways, highways, subways, etc.), the great challenge of the 21st century is instead that of transforming the transport space into a space for the citizen, thus redeveloping the "non-places" of post-modernity into figures of new urbanity. Synthesis of art and technique, the railway station has been the subject of new and interesting architectural experiments over the last thirty years, thus assuming

a new face within the city. Multifunctional integration, intermodality of the various transport systems and technological innovation are the new requirements of contemporary stations.

At the end of the last century, the acceleration and multiplication of transport modes, accompanied by the incessant technological evolution, transformed the traditional model of the single-mode railway station into a modern exchange pole, place of intermodality, node of a network and rediscovered "gate of the city".

Within the scenario described above, the exchange station-pole can undoubtedly be a true form of new urbanity, one of the places in which to reinvent the modern city, as a place of life and interaction between individuals, crossroads of all mechanized transport of our century and direct expression of the growing mobility of our daily life.

colo ed espressione diretta della mobilità crescente del nostro vivere quotidiano.

La contemporanea stazione ferroviaria si carica di molteplici aspetti; moderna ed efficiente macchina funzionale intermodale e di spazio pubblico, cioè di luogo di integrazione polifunzionale di una serie di servizi aperti alla vita della città e del quartiere nel quale vi si insedia; simbolo materiale del nostro vivere in rete, il punto di connessione tra quartieri della stessa città, tra città della stessa nazione, tra metropoli di uno stesso continente.

L'universo dei trasporti pubblici e con esso della stazione ferroviaria intesa come moderno polo di scambio, in declino fino a qualche decennio fa, vive oggi dovunque un periodo di reinserimento nel dibattito socio-culturale ed economico in atto nelle più avanzate società contemporanee, grazie a due fenomeni prevalenti: da un lato, l'irruzione dell'alta velocità e la necessità di uno sviluppo integrato delle diverse modalità di trasporto pubblico; dall'altro, il dibattito sull'identità e lo sviluppo della città del futuro con le esigenze di riqualificazione urbana del territorio attraversato da più di un secolo in modo spesso disastroso dalle linee ferroviarie. L'obiettivo dell'attuale trasformazione del sistema dei trasporti pubblici in Italia, come in Europa e nel resto del mondo, non va letto quindi esclusivamente nel senso di risposta tecnica alla necessaria modernizzazione del sistema ferroviario generale, ma soprattutto come strumento operativo di partenza di un processo di trasformazione urbana del territorio in rete, di una potenziale e auspicabile valorizzazione urbana del patrimonio territoriale, immobiliare oltre che del tessuto socio-economico legato a tale sistema spesso all'interno della città storica.

Il polo di scambio interpreta sulla scena della città fisica a scala locale il desiderio di movimento, l'idea di mobilità e di plug-in,

The contemporary railway station is loaded with multiple aspects; modern and efficient functional intermodal and public space machine, i.e. a place of multifunctional integration of a series of services open to the life of the city and the neighborhood in which it is located; material symbol of our online living, the connection point between districts of the same city, between cities of the same nation, between metropolises of the same continent.

The universe of public transport and with it the railway station understood as a modern exchange pole, in decline until a few decades ago, is experiencing today everywhere a period of reintegration into the socio-cultural and economic debate underway in the most advanced contemporary societies, thanks to two prevailing phenomena: on the one hand, the irruption of high speed and the need for an integrated

development of the various modes of public transport; on the other hand, the debate on the identity and development of the city of the future with the need for urban redevelopment of the territory crossed for more than a century in an often disastrous way by railway lines. The objective of the current transformation of the public transport system in Italy, as in Europe and in the rest of the world, should therefore not be read exclusively in the sense of a technical response to the necessary modernization of the general railway system, but above all as an operational starting tool for a process of urban transformation of the territory into a network, of a potential and desirable urban enhancement of the territorial heritage, real estate as well as the socio-economic fabric linked to this system often within the historic city. The exchange pole interprets the desire for movement, the idea of mobility and

del vivere in rete come nuova pratica collettiva, valore peculiare della nostra epoca a scala sempre più globale.

Nel contesto delineato si ineriscono le attività programmatiche, progettuali, realizzative e di trasformazione e riqualificazione del territorio poste in essere dalla Rete Ferroviaria Italiana, società capo fila del Polo Infrastrutture del Gruppo FS.

RFI si è oltretutto dotata di Linee Guida per la progettazione sostenibile delle infrastrutture ferroviarie; queste rappresentano uno strumento concreto per promuovere una progettazione delle infrastrutture di trasporto orientata alla sostenibilità nell'ottica di un migliore inserimento delle opere nel territorio di riferimento, garantendo un approccio olistico nelle fasi di progettazione, realizzazione e gestione dell'infrastruttura.

Le competenze e l'esperienza maturata da Italferr nella progettazione di opere sostenibili hanno portato ad individuare nel protocollo Envision™, primo sistema di rating per progettare e realizzare opere infrastrutturali sostenibili, un utile strumento per attestare l'impegno del team di progetto nella ricerca di soluzioni progettuali più efficaci in termini di sostenibilità e nel garantire un approccio olistico nelle fasi di progettazione dell'infrastruttura, attraverso l'adozione di metodologie che consentono di attuare la progettazione integrata, monitorare l'intero ciclo di vita di un'opera, riorganizzare ed automatizzare i flussi di attività in ambiente collaborativo.

Nel contributo che segue il Prof. Luigi Alini attraverso una interlocuzione con l'Arch. Antonello Martino, Responsabile della struttura Ingegneria e Investimenti e referente del programma di investimenti sulle stazioni di RFI, dipanerà le questioni delineate che sono alla base della reinterpretazione e trasformazione degli hub ferroviari.

plug-ins, of living on the net as a new collective practice, a peculiar value of our era on an increasingly global scale, on the scene of the physical city on a local scale.

The programming, design, construction and transformation and redevelopment activities of the territory put in place by the Italian Railway Network, the leading company of the FS Group's Infrastructure Pole, are included in the context outlined. RFI has also adopted Guidelines for the sustainable design of railway infrastructures; these represent a concrete tool for promoting a design of transport infrastructures oriented towards sustainability with a view to better integrating the works into the reference area, guaranteeing a holistic approach in the design, construction and management phases of the infrastructure.

The skills and experience gained by Italferr in the design of sustainable works have led to the identification of

the Envision™ protocol, the first rating system for designing and building sustainable infrastructural works, as a useful tool for certifying the commitment of the project team in the search for solutions more effective in terms of sustainability and in guaranteeing a holistic approach in the infrastructure design phases, through the adoption of methodologies that allow for the implementation of integrated design, monitoring the entire life cycle of a work, reorganizing and automating activity flows in a collaborative environment.

In the contribution that follows, Prof. Luigi Alini through an interlocution with the Arch. Antonello Martino, Head of the Engineering and Investments structure and contact person for the investment program on RFI stations, will unravel the issues outlined which underlie the reinterpretation and transformation of railway hubs.

Un Dialogo di/A Dialogue of Luigi Alini¹ con/with Antonello Martino²

Il Green Deal europeo Entro il 2050 i 27 paesi membri dell'UE si sono impegnati a raggiungere la neutralità climatica. Questo ambizioso obiettivo ha le sue premesse nella Conferenza delle Parti dell'UNFCCC³ (United Nations Framework Convention on Climate Change) tenutasi a Parigi nel 2015 (COP 21) ed in quelle successive (COP 23) di Bonn e (COP 24) e Katowice.

Ridurre le emissioni di gas clima alteranti attraverso l'adozione di *Piani d'Azione Nazionale* (PAN) e sostenere i paesi in via di sviluppo affinché possano raggiungere analoghi obiettivi, sono gli impegni assunti dai paesi membri dell'UE sulla base di un principio di equità e solidarietà.

La seconda fase del Green Deal europeo è stata avviata a dicembre 2020: il Consiglio europeo ha approvato in forma vincolante la riduzione entro il 2030 di almeno il 55% delle emissioni di gas serra rispetto ai livelli registrati nel 1990. Questa stringente decisione comporterà necessariamente un cambio di paradigma, soprattutto in relazione agli obiettivi di:

- stimolare la crescita economica sostenibile;
- creare nuova occupazione;
- produrre benefici per la salute e l'ambiente;
- promuovere la competitività e l'innovazione nelle tecnologie verdi.

In linea con tale 'politica ambientale' a novembre 2021, richiamando gli impegni assunti con l'accordo di Parigi ed in vista del vertice delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici (COP26) di Glasgow, i ministri UE dell'Ambiente hanno ribadito l'urgenza di estendere gli investimenti destinati al contenimento delle emissioni di gas serra a 100 miliardi di dollari all'anno fino al 2025.

DESIGNING SUSTAINABILITY. ENVIRONMENTAL ASSESSMENT METHODS AND STRATEGIES

By 2050, the 27 EU member countries are committed to achieving climate neutrality.

Reducing climate-altering gas emissions through the adoption of National Action Plans (NAPs) and supporting developing countries are the commitments undertaken by EU member countries.

The second phase of the European Green Deal was launched in December 2020 in relation to the objectives of:

- sustainable economic growth;
- new occupation;
- health and the environment;
- green technologies.

In November 2022, for the 27th United Nations Conference on Climate Change (COP 27), Italy reaffirmed its commitment to respect the European targets set by Fit for 55³.

The commitments undertaken by EU member countries will have a signifi-

A novembre 2022 per la 27^a conferenza delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici (COP 27) tenutasi a Sharm el-Sheikh, l'Italia ha ribadito il proprio impegno a rispettare i target europei previsti dal pacchetto *Fit for 55*⁴:

- ridurre le emissioni di gas serra;
- aumentare la produzione di energia prodotta da fonti rinnovabili;
- sostenere i paesi più colpiti dalla crisi climatica inserendo nel bilancio 2022 uno specifico fondo di 840 milioni l'anno per 5 anni (2022-2026).

RFI. Progettare la Sostenibilità

Lo scenario internazionale e gli impegni assunti dai paesi membri dell'UE richiederanno conseguentemente politiche ambientali coerenti, che avranno un rilevante impatto sulle nostre città, sulle nostre abitudini, sul modo in cui realizzeremo i nostri edifici e le nostre infrastrutture.

Una sfida che Rete Ferroviaria Italiana, società capo fila del Polo Infrastrutture del Gruppo FS, ha posto al centro della sua 'strategia aziendale', sempre più orientata al perseguimento di elevati standard ambientali.

Gli effetti di tale azione sono oltremodo evidenti anche nel modo con cui stanno 're-interpretando' e trasformando i grandi HUB ferroviari. Le trasformazioni delle Stazioni sono infatti occasioni per interventi di riqualificazione ambientale e di rigenerazione urbana, la sfida ambientale è stata raccolta dal Gruppo a partire dalla introduzione di procedure e strumenti mai applicati ai progetti delle Stazioni. Si tratta di un'attività che investe progettisti, costruttori, gestori, etc., tutte le cate-

gories, on the way in which we create our buildings and our infrastructures.

A challenge that Rete Ferroviaria Italiana has placed at the center of its 'corporate strategy'.

The transformations of the stations are opportunities for environmental redevelopment and urban regeneration interventions: the environmental challenge was taken up by the group starting from the introduction of procedures and tools never applied to station projects. Sustainability and innovation of infrastructures are one of the 6 objectives of the National Recovery and Resilience Plan (PNRR).

However, 'measuring' the sustainability and innovation of our infrastructure is not easy.

RFI has used an internationally recognized protocol. The Envision⁴ certification protocol: a rating system on the

basis of which a conventional 'value' is attributed to the six DNSH objectives but also to the three ESG factors.

The application and 'field' verification of the procedures adopted by RFI, an absolute novelty at European level, can be seen in some significant projects underway, including the redevelopment of the central Bari station, that of Venice Mestre, Bergamo and Messina, just to name a few significant examples.

To explore these issues several months ago, I started a discussion-dialogue with Antonello Martino, Head of RFI's Engineering and Investments department.

Luigi Alini. *Let's start with some facts about your background.*

Antonello Martino. I am an architect and I have a long militancy in the railway sector.

rie professionali che interagiscono con RFI e che hanno dovuto adeguare loro standard a quelli che noi ci siamo dati⁴. Sostenibilità e innovazione delle infrastrutture rientrano del resto tra i 6 obiettivi del Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR):

1. Digitalizzazione, innovazione, competitività, cultura e turismo;
2. Rivoluzione verde e transizione ecologica;
3. Istruzione e ricerca;
4. Inclusione e coesione;
5. Salute;
6. Infrastrutture per una mobilità sostenibile.

‘Misurare’ la sostenibilità e l’innovazione delle nostre infrastrutture non è tuttavia agevole, nonostante il regolamento europeo UE 2021/2139 (integra il Regolamento UE 2020/852) abbia introdotto la *tassonomia* delle attività economiche compatibili, elencando all’art. 9 gli obiettivi da conseguire per non arrecare danni significativi all’ambiente (DNSH – *Do Not Significant Harm*):

- la mitigazione dei cambiamenti climatici,
- l’adattamento ai cambiamenti climatici,
- l’uso sostenibile e la protezione delle acque e delle risorse marine,
- la transizione verso un’economia circolare,
- la prevenzione e la riduzione dell’inquinamento,
- la protezione e il ripristino della biodiversità e degli ecosistemi.

Si tratta in ogni caso di aspetti non facilmente quantificabili oggettivamente. RFI nel perseguimento di un modello operativo applicabile a condizioni operative diverse ha fatto ricorso ad un protocollo riconosciuto internazionalmente. Il protocollo di

certificazione Envision⁶ adottato da RFI è un sistema di rating sulla base del quale viene attribuito un ‘valore’ convenzionale ai sei obiettivi DNSH ma anche ai tre fattori ESG – *Environmental, Social, Governance*. Il Protocollo Envision consente di valutare l’efficacia dell’investimento, le ricadute dell’opera sull’ecosistema, la durabilità e di vantaggi dell’opera sulla qualità della vita dei cittadini, la capacità di attrarre capitali privati e generare economia. Si tratta di un approccio di tipo ‘olistico’ sulla base del quale viene quantificato ed attribuito un ‘valore’ della sostenibilità economica, ambientale e sociale delle infrastrutture. Il protocollo Envision consente, infatti, di ‘misurare’ la sostenibilità di un progetto a partire da una fase di *self-assessment* (autovalutazione) cui segue la valutazione da parte di un Organismo terzo indipendente⁷.

Il protocollo si articola su 3 livelli:

- le categorie;
- le sottocategorie;
- i criteri.

Le categorie sono 5 (rappresentano le macroaree per valutare la sostenibilità del progetto) e sono:

- Quality of Life,
- Leadership,
- Resource Allocation,
- Natural World,
- Climate and Resilience.

Le sottocategorie sono invece 14 e raggruppano 64 criteri di valutazione. Ogni criterio restituisce un ‘indicatore di sostenibilità’ relativo ad aspetti di interesse ambientale, sociale o economico. A ciascun criterio si può attribuire un livello di *achievement* (risultato):

First in Italferr Company. Since 2018 I have held the role of Head of the S.O. Station Engineering and Investments within the Stations Management of the RFI – Rete Ferroviaria Italiana.

L.A. *In the next 10 years you will make investments in stations for about 5 billion euros. Reconciling quality and speed of spending is a challenge. How did you organize your project office?*

A.M. Since 2022, the Station Management Engineering structure has grown both in terms of numbers and in terms of new skills.

The application of sustainability methodologies and protocols in the design and construction of stations is at the heart of our work.

L.A. *Stations are increasingly big attractors. What is RFI’s strategy on sustainability?*

A.M. ESG (Environmental, Social, Governance) criteria are the basis of the new station model.

Environmental sustainability is pursued through the application of rating system type protocols. The areas outside the railway stations are redesigned through the application of NBS (Nature-Based Solution). The station of the future will be an attractive high-quality space.

L.A. *RFI’s decision to use the Envision protocol as a tool to ‘measure’ the environmental performance of the interventions underway is part of the pursuit of these objectives and with a view to social, economic and environmental sustainability. Envision is an internationally recognized environmental certification protocol that attributes a conventional ‘value’ to the six DNSH*

objectives and the three ESG factors – Environmental, Social, Governance.

A.M. To do this we are activating the necessary courses to progressively train the highest number of internal designers, considering this training a guarantee of control of the certification process, to be shared in the various design phases with the project teams; we have recently published the guidelines for the application of the Envision protocol to the Italian RFI stations; we are proceeding with the drafting of new guidelines regarding the application of the LEED protocol.

L.A. *Can recourse to the Envision Protocol help to raise the quality and sustainability levels of the infrastructure envisaged by the station plan?*

A.M. The Envision protocol helps to

raise the levels of sustainability of our interventions, first of all because, by submitting the design to a third party, the joint checks eliminate the self-referentiality of the designer and the client and return an objective quality of the intervention itself and not subjective.

L.A. *In addition to large transport HUBs, many stations have also taken on the character of functional poles, hosting significant commercial activities, as in the case of the stations of Messina Centrale and Bari Centrale*

A.M. The historic station of Messina (Fig. 1), built between 1937 and 1939 to a design by Angiolo Mazzoni, will undergo a philological ‘restoration’ that will make it re-emerge in all its splendour. Existing infrastructure will be upgraded and a new maritime ter-

- *Improved*: performance sopra la media;
- *Enhanced*: performance in linea con i principi di Envision;
- *Superior*: performance degna di nota;
- *Conserving*: performance tale da attestare una infrastruttura a 'impatto zero';
- *Restorative*: performance tale da migliorare il sistema naturale o sociale, ripristinando un equilibrio precedentemente compromesso.

Sulla base del valore attribuito a ciascuno dei 64 criteri di sostenibilità viene definito un valore percentuale come rapporto tra il punteggio ottenuto alla fine della fase di verifica e quello massimo raggiungibile. I livelli di certificazione previsti sono *Bronze* (almeno 20%), *Silver* (almeno il 30%), *Gold* (almeno il 40%), *Platinum* (almeno il 50%).

L'applicazione e la verifica 'sul campo' delle procedure adottata da RFI, una novità assoluta a livello europeo, le riscontriamo in alcuni significativi progetti in corso, tra questi la riqualificazione della Stazione di Venezia Mestre, di Bergamo e di Messina, solo per citare alcuni significativi esempi. Le strategie perseguite sono infatti orientate alla valorizzazione del patrimonio storico, a ricucire tessuti urbani e porzioni di città 'separate' dalla linea ferrata, ad innescare processi rigenerativi in cui la Stazione funge da 'cerniera'.

Per approfondire questi temi e le future strategie sulle Stazioni ambientali di RFI ho avviato da diversi mesi un confronto-dialogo con Antonello Martino, Responsabile della struttura Ingegneria e Investimenti nonché referente del programma di investimenti sulle Stazioni di RFI ed esperto di infrastrutture per la mobilità.

Antonello Martino è stato anche responsabile scientifico di di-

minal will be built. In the prestigious building that currently houses the RFI offices, 80 lodgings for university students will be created thanks to an agreement with the institution for the right to study of the University of Messina.

The Bari Centrale station (Figs. 2, 3) is also the subject of an overall program of interventions financed with the National Recovery and Resilience Plan. Bari Centrale station is a candidate to become one of the most important intermodal HUBs in the country. A new urban park will also be built.

Bergamo station will also become a service hub for the city. The project for the new Bergamo HUB is part of the "Bergamo Porta Sud" program which involves the regeneration of the railway yard areas and the enhancement of a vast municipal area.

Even Venezia Mestre (Fig. 4) will

change its face becoming a real "hub of urban reconnection", as well as an element of mending between Mestre and Marghera.

NOTES

¹ Prof. Luigi Alini, Department of Civil Engineering and Architecture, Università di Catania, Italia, <https://orcid.org/0000-0003-2417-3611>.

² Antonello Martino, Head of Engineering and Investments of the Direzione Stazioni RFI.

³ *Fit for 55* is the document containing the proposals to achieve by 2030 the reduction of greenhouse gas emissions by 55% compared to 1990 levels, with the aim of reaching "carbon neutrality" by 2050 (from 1990 to 2020 emissions in European Union have decreased by 20%). Source: ISPI. Among the proposals of the Fit for 55 'package' it is possible to mention the reduction

verse ricerche condotte nell'ambito di tematiche ambientali e svolge un ruolo chiave nelle strategie progettuali di RFI. Il dialogo che segue è una sintesi dei nostri diversi incontri.

Luigi Alini. *Cominciamo con qualche dato sulla tua formazione. Molti studenti leggeranno questa intervista dalla quale ritengo potranno trarre elementi di riflessione per il loro percorso professionale.*

Sei architetto e hai studiato a Roma. Hai 'costruito' la tua carriera in un settore molto specialistico che non rientra nei percorsi tradizionali della formazione di architetto 'sul campo', con un impegno rilevante che si è sviluppato in un arco temporale molto lungo.

Puoi ripercorrere sinteticamente alcune tappe significative della tua carriera professionale?

Antonello Martino. Sono architetto ed ho una lunga militanza nel mondo FS.

Sono stato in Italferr sia come Responsabile della struttura di ambiente e archeologia si occupava di eseguire le attività di progettazione e di monitoraggio di tutte le componenti ambientali, eseguiva le attività di indagine archeologica, curando la valorizzazione degli esiti degli scavi e di rapporti con il Ministero dell'Ambiente, il Ministero della Cultura, Soprintendenze e gli Enti territorialmente competenti, sia Responsabile delle strutture di geologia, architettura e della filiera che curavano il coordinamento e l'integrazione dei progetti.

Dal 2018 ricopro il ruolo di Responsabile della S.O. Ingegneria e Investimenti Stazioni nell'ambito della Direzione Stazioni di Rete Ferroviaria Italiana (RFI).

of CO₂ emissions from cars and vans to reach "zero emissions" in 2035 and the creation of a Carbon Border Adjustment Mechanism (CBAM), a CO₂ tax on imports of concrete, iron, steel, aluminum, not produced with defined environmental standards.

⁴ Envision was born from the collaboration between ISI, the Institute for Sustainable Infrastructure of Washington and the Zofnass Program for Sustainable Infrastructure of the Graduate School of Design of the Harvard University.

La struttura ha il presidio degli investimenti delle Stazioni curandone altresì anche gli standard e gli aspetti ingegneristici.

L.A. *RFI è una azienda strategica per il sistema paese ed ancor di più lo è in ragione degli obiettivi fissati dal PNRR. Tu sei il Responsabile Ingegneria e Investimenti della Direzione Stazioni di RFI, hai quindi un ruolo di grande responsabilità anche in considerazione del fatto che nei prossimi 10 anni farete investimenti sulle Stazioni per circa 5 Miliardi. Un investimento che non ha precedenti per le Stazioni.*

Conciliare qualità e velocità della spesa è una sfida che richiederà un supporto rilevante delle professioni e soprattutto del sistema impresa, che dovrà necessariamente far leva su nuove competenze ed innovazione tecnologica. In rapporto a tale sfida come è avete strutturato il vostro ufficio progetti, e come è cambiato il vostro approccio anni dopo il Green Deal europeo?

A.M. Nel corso del 2022 la struttura Ingegneria di Direzione Stazioni ha avuto la possibilità di crescere sia in termini numerici, sia in termini di nuove competenze, aprendosi sempre più alle tematiche afferenti la sostenibilità declinata nei suoi diversi aspetti. Per poter affrontare gli obiettivi fondanti il PNRR, e non solo, stiamo provvedendo alla redazione di documenti di indirizzo per l'applicazione di metodologie e protocolli di sostenibilità nell'ambito delle attività di progettazione e realizzazione delle Stazioni che nei prossimi anni saranno oggetto di profondi interventi di riqualificazione.

La necessità di standardizzare tali processi nasce proprio dalla velocità impressa al modo della progettazione e della realizzazione delle infrastrutture dalle nuove governance europee e nazionali, che richiedono un cospicuo impegno nella definizione di una nuova politica ambientale che riesca a rendere sostenibili le opere da realizzarsi e quindi impone nuove sfide organizzative. Uno degli obiettivi di maggior attenzione che ci poniamo è quello di individuare un corretto processo di rendicontazione delle attività progettuali e realizzative, capace di massimizzare il contenuto di sostenibilità, in accordo con i recenti obiettivi della tassonomia ambientale europea.

Siamo partiti quindi dall'applicazione del dettame normativo italiano (CAM) ed europeo (DNSH), implementato e potenziato attraverso l'utilizzo dei più recenti sistemi di rating della sostenibilità, i protocolli di certificazione energetico ambientale internazionali, che offrono un supporto concreto alla progettazione proprio in virtù della loro metrica basata sia su valutazioni di tipo prestazionale, ma anche sulla valorizzazione dell'impatto sociale prodotto dall'intervento, ponendo al centro l'utilizzatore finale non solo come individuo, ma come comunità.

Prima hai accennato al protocollo Envision, rispetto al quale stiamo già procedendo con l'iter di certificazione di un primo gruppo di tre Stazioni, attualmente registrate ed in fase di review da parte dei verificatori; oltre questo protocollo stiamo procedendo anche alla verifica di applicabilità dei protocolli LEED v4 D+C Transit Station e GBC Historic Building attraverso l'apertura di specifici tavoli di confronto con gli enti certificatori, e contiamo di procedere con le prime registrazioni nell'anno corrente.

L.A. *Le Stazioni sono sempre più grandi attrattori, nodi non solo in termini infrastrutturali ma anche di funzioni e servizi. Il potenziamento infrastrutturale e la valorizzazione delle Stazioni rispondono ad una visione sistemica di Mobilityas a Service (MaaS), infrastrutture per la mobilità e servizi si integrano nel tessuto urbano con ricadute positive sul bilancio socioeconomico delle comunità, sulla qualità degli spazi pubblici, sui servizi ai cittadini e sulla qualità ambientale di vaste porzioni delle nostre città sottoposte a riqualificazione ambientale.*

La progettazione, realizzazione e gestione di questi nuovi interventi secondo quali criteri viene gestita? Qual è la strategia di RFI sulla sostenibilità, in che modo la state declinando rispetto ad obiettivi di breve, medio e lungo periodo?

A.M. I criteri ESG (Environmental, Social, Governance) sono alla base del nuovo modello di stazione e individuano le principali aree di azione attraverso le quali si è ridefinito il ruolo che la stazione ferroviaria può e deve svolgere all'interno dei nostri centri urbani, nell'interpretazione del concetto di prossimità tanto al "passeggero" quanto al "cittadino", individuando nuove funzioni e nuovi valori.

Come accennato prima, la sostenibilità ambientale è perseguita attraverso l'applicazione dei criteri fondanti i protocolli energetico ambientali rating system, anche al fine di promuovere quegli interventi di efficientamento energetico necessari per raggiungere la neutralità climatica; le aree esterne le Stazioni ferroviarie sono riprogettate attraverso l'applicazione delle NBS (Nature-Based Solution, ovvero tetti e pareti verdi, boschi urbani, sistemi di gestione alternative delle acque piovane, ecc.), in modo da perseguire molteplici obiettivi tra cui l'incremento della sostenibilità dei sistemi urbani, il recupero degli ecosistemi degradati, l'attuazione di interventi adattivi ai cambiamenti climatici, creando al contempo luoghi vivibili, sicuri e piacevoli che promuovano l'inclusione sociale, il benessere e che rispondano ai bisogni della comunità.

La stazione del futuro non dovrà essere solo espressione del dinamismo proprio di un "luogo di transito" pensato per il viaggio e per l'interconnessione tra le diverse modalità di spostamento – pedonali, ciclabili, di *sharing mobility* – ma dovrà

essere capace, se vuole essere promotrice di un nuovo valore sociale, di diventare anche “luogo dello stare”, rafforzando la sua funzione di spazio attrattivo di alta qualità. In quest’ottica, si stanno immaginando e progettando le future Stazioni intese come porte di accesso alle città, potenziando l’infomobilità e il wayfinding, finalizzato anche alla promozione di musei, monumenti ed iniziative culturali presenti sul territorio. Le Stazioni saranno luoghi presso i quali svolgere attività di coworking; dove progettare studentati in accordo con le Università e con gli Enti Regionali per il Diritto allo Studio Universitario; questi sono alcuni esempi di come le Stazioni possono diventare un polo di servizi a disposizione dei nostri clienti e dei cittadini.

Tutto questo, per essere efficace, necessita anche di una costante attività di informazione e di coinvolgimento degli stakeholders locali, al fine di giungere a scelte condivise con il territorio.

Misurare, rendicontare e comunicare verso gli stakeholder il livello di sostenibilità di ciascuno degli investimenti di RFI, attraverso una predefinita griglia di indicatori di sostenibilità: questa è la strategia perseguita nel Piano Integrato Stazioni.

L.A. *Nel perseguimento di questi obiettivi ed in un’ottica di sostenibilità sociale economica e ambientale si inserisce la scelta di RFI di utilizzare il protocollo Envision come strumento per ‘misurare’ le performance ambientali degli interventi in corso di realizzazione. Envision è un protocollo di certificazione ambientale riconosciuto a livello internazionale che attribuisce un ‘valore’ convenzionale ai sei obiettivi DNSH e ai tre fattori ESG – Environmental, Social, Governance. Avete assunto una decisione di grande valore sul piano della ‘responsabilità sociale’ che rappresenta un elemento di rilevante innovazione su scala europea destinato certamente a diventare un modello di riferimento. Lo sforzo che state facendo è proprio quello di definire uno standard e procedure codificate per l’applicazione del protocollo in forma estesa e non come elemento ‘eccezionale’. Tutto ciò investe anche il piano della formazione di nuove figure di specialisti con competenze trasversali.*

A.M. Sicuramente per riuscire a centrare tutti gli obiettivi prefissati, l’informazione e la formazione di tutti gli attori coinvolti diventano essenziali, tanto all’interno della nostra Direzione, in modo da produrre progetti sempre più rispondenti alle strategie del Gruppo FS, quanto all’esterno del Gruppo stesso, in quanto solo diffondendo una cultura della sostenibilità e traducendo i suoi principi in regole condivise si può immaginare di ottenere i risultati attesi.

In una fase storica in cui lo sviluppo sostenibile è diventato un fattore di governance insostituibile, si deve assolutamente evitare di alimentare il fenomeno del *green washing*, ponendo la massima attenzione nelle strategie comunicative adottate e

questo ancora una volta ci riporta alla necessità di usare sistemi rendicontabili attraverso i quali misurare i nostri interventi, rendendoli trasparenti e certificandone la qualità attraverso i protocolli internazionali.

Certo, non sempre è possibile procedere verso la certificazione, e questo non perché non sia un obiettivo del Gruppo, ma perché i nostri interventi hanno diverse dimensioni e non sempre portano a trasformazioni complessive delle Stazioni interessate. Pensiamo ad esempio a quelle Stazioni che vedono come interventi prevalenti quelli necessari a garantire l’adeguamento infrastrutturale alle direttive di interoperabilità europea ed il superamento delle barriere architettoniche, oppure quelli riguardanti unicamente interventi strutturali necessari per il miglioramento o l’adeguamento sismico delle strutture esistenti. In questi casi, il perimetro di intervento non riesce a soddisfare tutti i prerequisiti essenziali per l’ottenimento della certificazione Envision o LEED. Nonostante ciò, non volendo rinunciare nei nostri interventi alla definizione di un elevato standard che ne garantisca la sostenibilità, stiamo utilizzando le regole che sottendono i protocolli come prassi progettuale, in modo da poter perseguire anche su interventi minimi gli stessi livelli prestazionali.

Per fare ciò stiamo attivando i necessari corsi per l’ottenimento della qualifica Envision SP, al fine di formare progressivamente il più alto numero di progettisti interni, ritenendo tale formazione garanzia di controllo del processo di certificazione, da condividere nelle diverse fasi di progettazione con i team di progetto. Abbiamo di recente pubblicato le linee guida per l’applicazione del protocollo Envision alle Stazioni italiane di RFI; stiamo procedendo alla stesura di nuove linee guida che riguardano l’applicazione del protocollo LEED v4 D+C Transit Station sempre alle Stazioni italiane e contiamo di concluderne il testo nell’anno corrente. Siamo partiti con le prime sottomissioni di Stazioni secondo il protocollo Envision e quanto prima avvieremo anche le altre tipologie di certificazioni prima richiamate. Infine stiamo verificando come correlare tra loro i diversi sistemi (CAM, DNSH, LEED, Envision) su un singolo progetto attraverso l’individuazione di criteri di prestazione o di inclusione, in modo da individuare di volta in volta, per ogni singolo aspetto, quale sistema restituisce maggiori livelli prestazionali (ambientali o sociali), ovvero come gli stessi possono essere tra loro cumulati al fine di svolgere un’unica analisi di processo.

L.A. *Le Stazioni attraggono sempre più servizi e divengono spesso occasioni per innescare interventi di rigenerazione urbana inglobando aspetti sociali, ambientali ed economici, ovvero i nuovi paradigmi della sostenibilità. La “stazione” è al centro di un sistema di MaaS (Mobility as a Service) integrato e sostenibile, con spazi e servizi in grado di garantire un’intermodalità sicura,*

rapida, intuitiva, ma anche ripensata come parte integrante del tessuto della città.

In che cosa si caratterizza il nuovo piano di sviluppo delle Stazioni sviluppato da RFI?

In che misura il ricorso al Protocollo Envision può contribuire ad innalzare la qualità e i livelli di sostenibilità delle infrastrutture previste dal piano Stazioni?

A.M. Come prima anticipato, il Piano Integrato Stazioni si attua prevalentemente attraverso interventi di riqualificazione del Fabbricato Viaggiatori, costituiti da interventi di manutenzione straordinaria dell'edificio di Stazione, sia interni sia esterni, ed informati di tutte quelle attività necessarie per ottimizzare le prestazioni ambientali dell'edificio. Prevede inoltre gli interventi necessari a garantire l'accessibilità e la riqualificazione delle aree contermini la Stazione, favorendo il raggiungimento dalla mobilità dolce, dal TPL ai sistemi di *sharing mobility* e di ricarica elettrica, e conferendo, attraverso il recupero e il decoro degli ambienti esterni il Fabbricato Viaggiatori, maggiore comfort e sicurezza a viaggiatori e cittadini.

La Stazione, pertanto, diventa il luogo delle trasformazioni, rappresentando il segno delle nuove infrastrutture che – oltre ad essere opere di ingegneria – richiedono sempre più sensibilità e approcci diversi e complementari in grado di generare qualità e attrattività dei territori, riducendo costi e tempi di spostamento di persone e merci, per soddisfare una crescente domanda di nuova mobilità: facilmente accessibile, intermodale, attiva, collettiva, condivisa, inclusiva, sostenibile.

Il protocollo Envision contribuisce ad innalzare i livelli di sostenibilità dei nostri interventi, in primo luogo perché, sottoponendo la progettazione ad un ente terzo, le verifiche congiunte eliminano l'autoreferenzialità del progettista e della committenza e restituiscono una qualità oggettiva dell'intervento stesso e non soggettiva. Inoltre, considerando che l'effettiva certificazione la si ottiene a chiusura dei cantieri, ed a seguito della verifica dell'ottenimento di quei crediti considerati *"pending"* nella prima fase di registrazione e di review del design, garantisce la corretta gestione del cantiere, in termini di basso impatto sull'ambiente, e la selezione di materiali ottenuti attraverso un ciclo produttivo in linea con i più recenti criteri di sostenibilità in materia di emissioni di gas climalteranti, e costituiti da sostanze basso emissive in modo da ridurre al minimo il fenomeno dell'inquinamento indoor.

Questi sono solo alcuni dei benefici ottenuti, unitamente a quelli già menzionati in precedenza.

L.A. *Oltre a grandi HUB trasportistici molte Stazioni hanno assunto anche il carattere di poli funzionali, ospitando significative attività commerciali e non solo. Alcune, durante la pan-*

demia hanno ospitato anche HUB vaccinali. Le Stazioni mostrano quindi anche una notevole flessibilità nella loro capacità di 'adattarsi' ed accogliere nuove funzioni. Per alcune Stazioni in fase di trasformazione state anche pensando anche funzioni residenziali, a aree di co-working in una visione che tende in qualche misura a riconsiderarle anche come degli 'incubatori' di attività culturali.

È questo il caso della Stazione di Messina Centrale che diventerà un hub intermodale di area vasta. Saranno potenziate le infrastrutture esistenti, sarà realizzato un nuovo terminal marittimo e l'attuale edificio destinato gli uffici di RFI accoglierà gli alloggi per studenti universitari grazie ad un accordo sottoscritto con l'Università di Messina.

Come si sta sviluppando questo ambizioso progetto?

A.M. Tra i grandi HUB trasportistici di RFI anche quello di Messina sarà sottoposto ad una radicale trasformazione e la storica stazione, realizzata tra il 1937 e il 1939 su progetto di Angiolo Mazzoni, sarà sottoposta ad un 'restauro' filologico che la farà riemergere in tutto il suo splendore. La stazione di Messina Centrale (Fig. 1) diventerà un hub strategico dell'intermodalità di area vasta. Saranno potenziate le infrastrutture esistenti e realizzato un nuovo terminal marittimo. All'interno del grande HUB, nel prestigioso edificio che attualmente accoglie gli uffici di RFI, saranno realizzati 80 alloggi per studenti universitari grazie ad un accordo con l'ente per il diritto allo Studio dell'Università di Messina.

Nei prossimi anni, inoltre, anche la Stazione di Bergamo (Fig. 2 e 3) è destinata a cambiare volto e diventare una nuova centralità per la città, un vero e proprio nodo di servizi e scambio intermodale. Oltre a spazi per i viaggiatori più ampi e calibrati sul futuro bacino di utenza della stazione, gli interventi previsti includono la realizzazione di due nuovi attraversamenti pedonali coperti di alta qualità architettonica e urbana.

Il progetto del nuovo HUB di Bergamo si inserisce all'interno di un contesto di più ampio respiro – il futuro masterplan "Bergamo Porta Sud" – che interessa la rigenerazione delle aree dello scalo ferroviario e la valorizzazione di una vasta area comunale. È un progetto che mira a diventare la parte più viva di un sistema organico complesso, sia per le funzioni legate al trasporto e scambio ferro-gomma, che in senso urbano e ambientale. Tutto l'intervento sarà improntato alla continuità dei flussi, alla riqualificazione funzionale, con un focus sulla sostenibilità ambientale e sull'intermodalità.

Lo studio dello spazio pubblico viene approfondito in parallelo alla progettazione degli edifici e in continuità con lo sviluppo futuro del masterplan di Porta Sud, in modo tale da creare una continuità funzionale e ambientale, integrare gli habitat funzionali sul territorio tramite le risorse presenti e allo stesso tempo



minimizzare gli impatti sul territorio circostante, attraverso l'introduzione di nuovi spazi verdi, alberature, aree di aggregazione e di sosta. I due attraversamenti del fascio dei binari previsti dal progetto integrato sono concepiti come elementi urbani e ambientali in continuità con i percorsi, i servizi e gli spazi aperti collettivi delle due parti di città.

Il disegno del nuovo edificio passeggeri a Est della stazione storica e della nuova galleria di collegamento tra le banchine a Ovest ha tuttavia anche un'aspirazione più grande: quella di operare una rilettura contemporanea del tema della stazione come edificio urbano e non solo come puro dispositivo infrastrutturale. L'investimento complessivo degli interventi di RFI ammonta a 84 milioni di euro, di cui 50 finanziati con i fondi del Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR). L'attuazione rientra negli obiettivi del Piano Integrato di Stazioni elaborato da RFI per gli investimenti sulle Stazioni a maggiore rilevanza trasportistica, distribuite su tutto il territorio nazionale e che intercettino oltre il 90% del totale dei passeggeri in transito sulla rete. Anche Venezia Mestre (Fig. 4) cambierà volto: diventerà un vero "HUB di riconnessione urbana", nonché un elemento di ricucitura e di collegamento tra Mestre e Marghera. L'opera di scavalco sopra il fascio binari è costituita da una piastra di 31 metri di larghezza e 100 metri di lunghezza, posta a 9 metri al di sopra rispetto ai binari. La piastra sarà suddivisa in tre fasce longitudinali: a ovest verrà realizzato il collegamento urbano vero e proprio; si tratta di un percorso di 14 metri di larghezza nel quale saranno ricavate delle aiuole tali da garantire la sistemazione a verde, accentuando in questo modo il carattere ur-

bano del nuovo spazio pubblico. Il percorso urbano risulta ulteriormente caratterizzato da una grande copertura trasparente che lo connota formalmente oltre che offrire un certo grado di protezione rispetto agli agenti atmosferici. Il lato est sarà invece destinato alla connettività di Stazione, che garantirà l'accesso ai marciapiedi mediante ascensori, scale fisse e mobili. Tra le due fasce laterali, in posizione centrale, si sviluppa una fascia di locali a doppio affaccio, destinata a ospitare servizi di Stazione (biglietteria, sala di attesa, locali igienico sanitari, ecc.), nonché i varchi di accesso dal percorso urbano verso il corridoio sopraelevato di Stazione.

La dimensione urbana del progetto come luogo che, oltre a svolgere la sua funzione legata al trasporto ferroviario, si propone anche come elemento di riconnessione urbana e di rivitalizzazione del quadrante meridionale della municipalità di Mestre, risulta evidente nel disegno dei collegamenti tra la città e il nuovo complesso. Il progetto persegue due obiettivi fondamentali: il potenziamento del carattere intermodale dell'ambito di Stazione e la riqualificazione urbana dell'intera area.

Saranno riqualificati gli spazi interni ed esterni e l'edificio storico del Fabbricato Viaggiatori. Il nuovo edificio sarà costituito da due livelli, di cui il primo destinato a spazi di connessione e servizi. Il secondo livello è invece improntato alle attività terziarie, un lungo percorso longitudinale su cui si affacciano gli spazi per servizi al viaggiatore. Al di sopra, la copertura si presenterà come una terrazza parzialmente sistemata a verde, su cui spiccano due volumi destinati ad attività terziarie e di ristorazione.

02 | Stazione di Bari Centrale. Vista dall'alto della copertura verde. Credit Direzione Stazioni RFI
Bari Central Station. Top view of the green roof

03 | Scorcio del nuovo terminal e del punto di accesso alla copertura da via Capruzzi. L'edificio si sviluppa su tre livelli, per una superficie complessiva di oltre 3000 mq. Credit Direzione Stazioni RFI
Glimpse of the new terminal and the access point to the roof from via Capruzzi. The building is spread over three levels, for a total area of over 3000 mq

02 |



03 |



04 | Il nuovo edificio denominato “Stazione di Venezia Mestre” si svilupperà su due livelli: il primo, corrispondente all’attuale edificio, sarà destinato prevalentemente ai servizi primari di stazione (biglietteria, sale di attesa, locali igienico-sanitari); il secondo livello, di nuova realizzazione, sarà invece destinato ai servizi al viaggiatore. La copertura dell’edificio sarà sistemata a verde ed ospiterà un ristorante. Credit Direzione Stazioni RFI

The new building called “Venezia Mestre Station” will develop on two levels: the first, corresponding to the current building, will mainly be used for primary station services (ticket office, waiting rooms, sanitary facilities); the second level, newly built, will instead be used for traveler services. The roof of the building will be landscaped and will house a restaurant



L'obiettivo è realizzare una Stazione moderna, funzionale e proporzionata al traffico passeggeri, rendendo ancor più efficace l'accessibilità al servizio ferroviario e migliorando la vivibilità e la fruibilità degli spazi. L'investimento complessivo degli interventi di RFI ammonta a circa 75 milioni di euro, pianificati con risorse inserite nel Contratto di Programma tra RFI e Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti.

NOTE

¹ Prof. Luigi Alini, Dipartimento Ingegneria Civile e Architettura, Università di Catania, Italia, <https://orcid.org/0000-0003-2417-3611>.

² Antonello Martino, Responsabile Ingegneria e Investimenti della Direzione Stazioni RFI.

³ Dal 30 novembre al 12 dicembre 2015 si è svolta a Parigi la conferenza sul clima. COP 21, conferenza delle parti svoltasi nel quadro delle attività delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici (UNFCCC) e la 11ª riunione delle parti aderenti al protocollo di Kyoto (CMP 11). Le delegazioni di 150 paesi si sono incontrate per negoziare un accordo giuridicamente vincolante sui cambiamenti climatici al fine di limitare il riscaldamento globale “al di sotto” dei 2°C rispetto ai livelli preindustriali.

L'attenzione della comunità internazionale e la necessità di agire collettivamente per limitare le emissioni di gas a effetto serra è sancita con la Convenzione sulla Terra sottoscritta a Rio de Janeiro nel 1992 e successivamente nel 1997 con il protocollo di Kyoto, (riduzione delle emissioni giuridicamente vincolanti per i paesi sviluppati). Con l'accordo di Parigi i paesi hanno rinnovato il loro impegno a favore dell'azione per il clima e hanno concordato nuovi obiettivi per accelerare gli sforzi intesi a limitare il riscaldamento globale.

⁴ *Fit for 55* è il documento contenente le proposte per raggiungere entro il 2030 la riduzione delle emissioni di gas serra del 55% rispetto ai livelli del 1990, con l'obiettivo di arrivare alla “carbon neutrality” per il 2050 (dal 1990 al 2020 le emissioni nell'Unione europea si sono ridotte del 20%). Fonte: ISPI. Tra le proposte del ‘pacchetto’ *Fit for 55* ci sono la riduzione delle emissioni di CO₂ di auto e furgoni per arrivare a “emissioni zero” nel 2035 e la creazione di un Carbon Border Adjustment Mechanism (CBAM), una tassa CO₂ sull'import di cemento, ferro, acciaio, alluminio, non prodotti con definiti standard ambientali.

⁵ Dichiarazione resa da Antonello Martino durante l'incontro preparatorio di questa intervista avvenuto il 1° marzo 2023.

⁶ *Envision* nasce dalla collaborazione tra ISI, *Institute for Sustainable Infrastructure* di Washington e lo *Zofnass Program for Sustainable Infrastructure* della Graduate School of Design dell'Harvard University.

⁷ In Italia le certificazioni vengono rilasciate da ICMQ.

a cura di/edited by Alessandro Claudi de Saint Mihiel, <https://orcid.org/0000-0002-4466-0508>

Innovazione tecnologica e prodotti eco-innovativi

Alessandro Claudi de St. Mihiel,

Responsabile della Rubrica Innovazione e sviluppo industriale

Innovazione tecnologica e digitalizzazione stanno contribuendo ad accelerare la transizione energetica verso un'economia a neutralità carbonica che ha segnato i primi importanti passi nel corso degli ultimi due decenni e che sembra sempre più indifferibile per consentire una crescita sostenibile, duratura ed inclusiva a cui fanno riferimento i diciassette *Sustainable Development Goals* (SDGs) adottati dall'ONU con l'Agenda 2030. Per conseguire la riduzione dei consumi di energia (e delle correlate emissioni climalteranti), una delle strategie più efficaci è senz'altro quella di intervenire sull'involucro edilizio per il contenimento delle dispersioni termiche invernali attraverso le chiusure opache e trasparenti, agendo sulla trasmittanza delle partizioni verticali esterne e sull'inerzia termica; quindi sulla scelta di materiali e soluzioni tecnico-costruttive ad alta efficienza energetica. Tutto ciò ha portato a notevoli miglioramenti nell'ambito dei sistemi e dei componenti offerti dal mercato. L'industria edilizia, per essere competitiva sul piano dell'offerta produttiva e per adeguarsi agli ambiziosi obiettivi che il Consiglio Europeo ha stabilito di raggiungere entro il prossimo futuro in materia di riduzione delle emissioni di gas serra, di energie rinnovabili e di efficienza energetica, si trova oggi ad affrontare una riorganizzazione del proprio *know how*, attestandosi su strategie di sviluppo industriale in cui i fattori ambientali assumono un ruolo propulsore e dominante. La spinta innovativa operata dalla ricerca tecnologica tende

Technological innovation and eco-innovative products

Technological innovation and digitalization are helping to accelerate the energy transition towards a carbon neutral economy which has taken the first important steps over the last two decades and which seems increasingly essential to allow sustainable, lasting and inclusive growth to which they refer the seventeen Sustainable Development Goals (SDGs) adopted by the UN with Agenda 2030. To achieve the reduction of energy consumption (and the related climate-altering emissions), one of the most effective strategies is undoubtedly that of intervening on the building envelope to contain winter heat losses through opaque and transparent closures, acting on the transmittance of external vertical partitions and on thermal inertia; therefore on the choice of

materials and technical-construction solutions with high energy efficiency. All this has led to significant improvements in the systems and components offered to the market.

The construction industry, in order to be competitive in terms of production supply and to adapt to the ambitious objectives that the European Council has established to achieve within the near future in terms of reducing greenhouse gas emissions, renewable energies and energy efficiency, is now facing a reorganization of its know-how, settling on industrial development strategies in which environmental factors assume a driving and dominant role.

The innovative thrust brought about by technological research tends to leave room for the driving action of demand (market pull); it is the market itself that exercises the greatest stimulus for the development of new ideas, activating a

continuous flow of information between the world of building production (supply) and intermediate and final users (demand). The task of the construction industry is to translate the multiple needs of the market into new and current living requirements, linked to energy and economic sustainability and the environmental quality of the built environment, favoring production processes characterized by reduced impacts in the way resources are used, organization of production cycles and product life cycle management (Girardi, 2012). In this context, the technological innovation recorded in recent years constitutes a response to the new dynamics of the sector, providing a contribution of cultural, technical and performance enrichment to the project and conditioning all operators to evolve towards a better and more qualified offer of building production.

continuous flow of information between the world of building production (supply) and intermediate and final users (demand). The task of the construction industry is to translate the multiple needs of the market into new and current living requirements, linked to energy and economic sustainability and the environmental quality of the built environment, favoring production processes characterized by reduced impacts in the way resources are used, organization of production cycles and product life cycle management (Girardi, 2012). In this context, the technological innovation recorded in recent years constitutes a response to the new dynamics of the sector, providing a contribution of cultural, technical and performance enrichment to the project and conditioning all operators to evolve towards a better and more qualified offer of building production. In the context of the sustainable building market, dominated by this new and more aware demand for quality, the subjects most prone to change, and most stimulated by competitive dynamics, are the producers of materials and components; these, by weaving collaborative relationships with the world of research (as in the specific case of the collaboration between Totalproof and the Politecnico di Milano), training and business, promote a tangible change in production models and processes, supporting type of life cycle thinking. Incorporating environmental issues is today one of the imperatives of many companies, driven by precise regulatory provisions and by the possibility of benefiting from the consequent competitive advantages. Some producers see in the ecologically oriented strategic positioning a possibility of expanding their domain. «The search

continuous flow of information between the world of building production (supply) and intermediate and final users (demand). The task of the construction industry is to translate the multiple needs of the market into new and current living requirements, linked to energy and economic sustainability and the environmental quality of the built environment, favoring production processes characterized by reduced impacts in the way resources are used, organization of production cycles and product life cycle management (Girardi, 2012). In this context, the technological innovation recorded in recent years constitutes a response to the new dynamics of the sector, providing a contribution of cultural, technical and performance enrichment to the project and conditioning all operators to evolve towards a better and more qualified offer of building production.

gico ecologicamente orientato una possibilità di allargamento del proprio dominio. «La ricerca della competitività, su questo terreno, si traduce in un avanzamento culturale in direzione dell'eco-efficienza, riconoscendo le migliori pratiche esistenti e attuando il re-design di sistema che si rende necessario per metterle in atto» (Manzini and Vezzoli, 1998).

Al fine di perseguire tali obiettivi, secondo molti autori occorre riformulare le modalità operative in campo edilizio orientandosi verso lo sviluppo, la diffusione e l'utilizzo di tecnologie, processi, servizi e prodotti eco-innovativi. L'eco-innovazione, intesa come «l'insieme di metodologie, strumenti, opzioni tecnologiche, organizzative e logistiche che permettono ad un'azienda di innovare i propri processi, prodotti e servizi riducendo il loro impatto sull'ambiente e favorendo lo sviluppo sostenibile» (Sala and Castellani, 2011), rappresenta una leva competitiva, che passa per l'adozione di metodi e tecnologie in grado di ridurre l'utilizzo di risorse non rinnovabili, recuperare gli scarti delle lavorazioni, diminuire l'intensità materiale ed energetica dei processi, contenere i costi di produzione. Partendo dalla considerazione che la maggior parte degli impatti ambientali, soprattutto nelle economie più sviluppate, dipende da quantità e natura dei prodotti/servizi consumati, lo sviluppo di una nuova generazione di prodotti e servizi è oggetto delle recenti politiche ambientali per la sostenibilità, finalizzate ad incrementare la sensibilità ai *feedback* ambientali e tendenti a promuovere la diffusione di strumenti capaci di informare gli utilizzatori circa le implicazioni ambientali di alcune categorie di prodotti.

L'obiettivo è promuovere l'adozione di approcci nuovi e integrati all'eco-innovazione, incoraggiare l'adozione di soluzioni am-

bientali, incrementandone il mercato, e aumentare le capacità di innovazione delle PMI.

In definitiva, sul piano della politica tecnica europea per la riduzione degli impatti ambientali, la promozione di prodotti edilizi eco-innovativi fornisce un interessante contributo per il raggiungimento degli obiettivi di sostenibilità fissati dall'UE. La scommessa su tali prodotti dovrà essere in grado di riportare vantaggi evidenti a sostegno degli obiettivi europei di politica ambientale, dimostrando capacità di produrre valore aggiunto e competere sul piano internazionale e ottemperando, in termini prestazionali, a quella domanda abitativa sempre più orientata alla qualità. In termini generali si tratta di attuare una sfida importante per una nuova cultura dell'abitare, in cui sarà necessario ridefinire nuovi modelli procedurali e tecnologici nella progettazione dei prodotti e dei servizi.

Nell'ambito della categoria "isolanti", l'offerta produttiva ha come denominatore comune una spiccata attenzione nei confronti di alcuni parametri di eco-efficienza, quali la durabilità, la riduzione degli impatti ambientali generati in fase di produzione, il limitato rilascio di sostanze tossiche o nocive per la salute dell'uomo e la possibilità di riciclo e di recupero nella fase di dismissione.

Nel caso specifico, nel contributo che segue il Prof. Giovanni Castaldo analizzerà l'esperienza e il *know-how* tecnico di Totalproof, sistema brevettato che si avvale della possibilità intrinseca di incorporare un numero crescente di prestazioni, affidando a pacchetti multifunzionali leggeri, sottili e altamente dematerializzati (aerogel), il compito di migliorare in maniera decisiva le prestazioni energetiche dell'edificio.

for competitiveness, on this terrain, translates into a cultural advance in the direction of eco-efficiency, recognizing existing best practices and implementing the system re-design that is necessary to implement them» (Manzini and Vezzoli 1998).

In order to pursue these objectives, according to many authors, it is necessary to reformulate the operating methods in the building sector, orienting themselves towards the development, dissemination and use of eco-innovative technologies, processes, services and products.

Eco-innovation, understood as "the set of methodologies, tools, technological, organizational and logistical options that allow a company to innovate its processes, products and services by reducing their impact on the environment and promoting sustainable development" (Sala and Castellani 2011),

represents a competitive lever, which passes through the adoption of methods and technologies capable of reducing the use of non-renewable resources, recovering processing waste, decreasing the material and energy intensity of processes, contain production costs. Starting from the consideration that most of the environmental impacts, especially in more developed economies, depend on the quantity and nature of the products/services consumed, the development of a new generation of products and services is the subject of recent environmental policies for sustainability, aimed at increase sensitivity to environmental feedback and tend to promote the dissemination of tools capable of informing users about the environmental implications of certain product categories.

The aim is to promote the adoption of new and integrated approaches to eco-

innovation, encourage the adoption of environmental solutions, increasing their market, and increase the innovation capacities of SMEs.

Ultimately, in terms of the European technical policy for the reduction of environmental impacts, the promotion of eco-innovative building products provides an interesting contribution to the achievement of the sustainability objectives set by the EU. The bet on these products must be able to bring clear advantages in support of European environmental policy objectives, demonstrating the ability to produce added value and compete internationally and complying, in terms of performance, with the increasingly quality-oriented housing demand. In general terms, it is a question of implementing an important challenge for a new culture of living, in which it will be necessary to redefine new procedural and

technological models in the design of products and services.

Within the "insulation" category, the production offer has as a common denominator a marked attention towards some eco-efficiency parameters, such as durability, the reduction of the environmental impacts generated in the production phase, the limited release of substances toxic or harmful to human health and the possibility of recycling and recovery in the decommissioning phase.

In the specific case, in the contribution that follows, Prof. Giovanni Castaldo will analyze the experience and technical know-how of Totalproof, a patented system that makes use of the intrinsic possibility of incorporating an increasing number of performances, entrusting light, thin and highly dematerialized multifunctional packages (aerogel) with the task of improving decisively the energy performance of the building.

PERFORMANCES INTEGRATE DEI SISTEMI DI ISOLAMENTO: L'ESPERIENZA E IL KNOW-HOW TECNICO DI TOTALPROOF

INNOVAZIONE E SVILUPPO INDUSTRIALE/
INNOVATION AND INDUSTRIAL DEVELOPMENT

Giovanni Castaldo, <https://orcid.org/0000-0001-5792-5109>

Dipartimento di Architettura, Ingegneria delle Costruzioni e Ambiente Costruito, Politecnico di Milano

Il raggiungimento di elevate prestazioni di efficienza energetica negli edifici è diventato un tema sempre più cruciale, per l'esigenza di corrispondere ai target di contenimento dei consumi e di riduzione delle emissioni definiti in sede internazionale e comunitaria per far fronte alla crisi ambientale e climatica. La prospettiva di minimizzazione dei fabbisogni energetici imposta dalle normative così come da protocolli e standard volontari responsabilizza i progettisti e gli operatori del settore delle costruzioni nell'individuazione di nuovi materiali e di soluzioni tecnologiche adeguate, coerenti e compatibili.

Tra le soluzioni che consentono di realizzare involucri edilizi sempre più performanti dal punto di vista energetico-ambientale, un segmento importante è costituito dai materiali e sistemi di isolamento termico per il contenimento delle dispersioni termiche e la limitazione dei fabbisogni di energia, in grado di garantire al contempo un buon comportamento al fuoco e adeguate prestazioni di isolamento acustico. Un ambito di ricerca particolarmente dinamico, con innovazioni che hanno portato negli ultimi anni all'immissione sul mercato di nuovi prodotti in grado di raggiungere livelli di conducibilità termica progressivamente minori: dai materiali multistrato ai sistemi sintetici, dalle nanotecnologie applicate a pannelli di isolamento sottovuoto, fino ai materiali a cambiamento di fase. Una competizione che mette in gioco, oltre alle prestazioni termiche, anche altre caratteristiche fisiche dei materiali, le condizioni di posa, l'interfaccia con altri strati funzionali e, non da ultimo, i prezzi di fornitura e installazione.

In questa cornice si inserisce il sistema Totalproof – binsieme di prodotti per isolamento termico e acustico nonché di componenti da costruzione –, brevettato da Aldo Kocani, operatore

di lunga esperienza del settore edilizio, a partire dalle esigenze riscontrate nelle fasi di realizzazione in cantiere laddove, sia nei casi di nuova costruzione che in quelli di riqualificazione, è necessario coniugare in spessori contenuti molteplici requisiti, per garantire adeguate prestazioni non solo dal punto di vista termico.

L'obiettivo ambizioso di Aldo Kocani non è stato quello di realizzare solo un pannello di isolamento termico ad alte prestazioni, ma quello di realizzare componenti in grado di coniugare in un unico sistema anche elevati standard di isolamento acustico, di comportamento al fuoco, di impermeabilità, di traspirabilità al vapore e di durabilità nel tempo. Superando quindi le criticità di altri materiali tradizionali e innovativi in ordine, ad esempio, alla degradabilità nel tempo a causa dell'umidità, oppure alla ricorrente problematica di una scarsa resistenza al fuoco.

Attraverso un percorso di ricerca e sperimentazione durato circa cinque anni, sono stati sviluppati due prodotti principali (pannelli di isolamento termico per cappotti interni ed esterni), cui si affiancano altri materiali e componenti complementari (componenti per le partizioni interne e le compartimentazioni al fuoco). Alla base del sistema Totalproof vi è lo sviluppo di una miscela con perlite, cemento e aerogel oltre ad altri componenti oggetto di brevetto, che può essere dosata in relazione alla prestazione richiesta. La miscela viene lavorata da macchinari dedicati che permettono la realizzazione tramite compressione di pannelli con diversi spessori e composti da strati di miscela a diversa densità, modulabili in base alle specifiche esigenze (coibentazione termica, isolamento acustico e resistenza al fuoco). La miscela è ecologica ed ecosostenibile poiché deriva dal miscchiamento di soli materiali naturali, nonché riciclabile dal

INTEGRATED PERFORMANCE OF INSULATION SYSTEMS: THE EXPERIENCE AND TECHNICAL KNOW-HOW OF TOTALPROOF

Achieving high energy efficiency performance in buildings has become an increasingly crucial issue, due to the need to correspond to consumption containment and emission reduction targets defined internationally and at the EU level to address the environmental and climate crisis. The perspective of minimizing energy requirements imposed by regulations as well as voluntary protocols and standards empowers designers and operators in the construction sector to identify new materials and appropriate, consistent and compatible technological solutions.

Among the solutions that enable the creation of building envelopes with increasingly high energy-environmental performance, an important segment consists of thermal insulation materials and systems for the containment of heat loss and the limitation of energy

requirements, capable of guaranteeing at the same time proper fire behaviour and adequate acoustic insulation performances. This is a particularly dynamic field of research, with innovations that have led in recent years to the introduction on the market of new products capable of achieving progressively lower levels of thermal conductivity: from multilayer materials to synthetic systems, from nanotechnologies applied to vacuum insulation panels to phase change materials. A competition that brings into play, in addition to thermal performance, other physical characteristics of materials, installation conditions, interface with other functional layers, and, finally, supply and installation prices.

This is the framework for the Totalproof system – a set of products for thermal and acoustic insulation as well as construction components –, patent-

ed by Aldo Kocani, an operator with long experience in the building sector, starting from the needs encountered in the construction site phases where, both in cases of new construction and in those of redevelopment, it is necessary to combine in limited thicknesses multiple requirements, to ensure adequate performance not only from the thermal point of view.

Aldo Kocani's ambitious goal was not just to make a high-performance thermal insulation panel, but to make components capable of combining in a single system also high standards of acoustic insulation, fire behaviour, waterproofing, vapor breathability and durability over time. Thus, overcoming the critical issues of other traditional and innovative materials in order, for example, degradability over time due to moisture, or the recurring problem of poor fire resistance.

momento che gli elementi che la compongono possono essere recuperati a fine vita del pannello e riutilizzati nella miscela di nuove componenti. Dal 2018 l'azienda ha avviato un importante lavoro di implementazione degli impianti di produzione e ha affinato il ciclo produttivo al fine di ottimizzare la regolazione delle performance e di garantire una elevata durabilità dei pannelli (garantita per 50 anni).

Il sistema di isolamento per l'involucro – Total Therm Plus e Total Fire – ha la peculiarità di avere una conducibilità termica compresa tra 0,018 e 0,021 W/mK, di essere in classe A1 di reazione al fuoco, di mantenere un valore di permeabilità al vapore acqueo del 12,79 a fronte di un valore di assorbimento d'acqua capillare fino allo 0,2%. I pannelli, di dimensioni 50 x 50 cm oppure 60 x 40 cm e con spessori variabili da 4 fino a 20 cm, hanno una densità compresa tra 220 e 275 Kg/m³ (assimilabile quindi ad altri materiali coibentanti ad alta densità). Essi sono inoltre riciclabili.

Per la compartimentazione degli spazi interni, Totalproof ha lanciato nel 2023 un nuovo prodotto – denominato Total Wall – realizzato attraverso una diversa modulazione della miscela, con l'obiettivo di raggiungere specifiche caratteristiche di isolamento acustico, di resistenza meccanica e di resistenza al fuoco. Questi pannelli, di dimensioni 60 x 40 cm e spessori compresi tra i 10 e 16 cm, permettono un abbattimento acustico dai 40 ai 60 dB, una resistenza a compressione fino a 7,37 N/mm² e una reazione al fuoco Rei 240. Essi sono inoltre traspiranti, idrorepellenti e leggeri; anche la loro finitura a intonaco civile risulta di facile realizzazione attraverso i materiali complementari prodotti dall'azienda stessa. Queste specifiche tecniche, unite alla facilità di messa in opera, rendono questo prodotto concor-

renziale rispetto ad altri sistemi largamente impiegati, quali ad esempio le partizioni in cartongesso.

Oltre ai prodotti principali prima descritti, Totalproof ha sviluppato una serie di sistemi complementari per la posa e la finitura. In particolare, una schiuma poliuretanica, una colla specifica (Adesivo Ultraplus) e reti e tasselli per l'incollaggio verticale e orizzontale dei pannelli per l'involucro esterno e per il montaggio dei pannelli per le partizioni interne. Altri prodotti forniti da Totalproof sono un Intonaco Decorativo per il rivestimento di facciate interne ed esterne, un rivestimento a spessore silossanico resistente a luce e intemperie, un fondo consolidante riempitivo e una serie di idropitture traspiranti da applicare a posa completata.

Le applicazioni del sistema sono pertanto ampie: facciate ventilate, cappotti esterni intonacati, cappotti interni da realizzare in spessori minimi (fattispecie ricorrente nei casi di interventi di riqualificazione), come già detto le partizioni interne, nonché coperture, balconi e terrazze dove risultano rilevanti anche le caratteristiche di impermeabilizzazione di questo sistema.

Il passaggio dall'intuizione di Aldo Kocani nata in cantiere all'elaborazione dell'idea, fino allo sviluppo del sistema produttivo, è stato un percorso complesso che ha visto il coinvolgimento di un *team* operativo multidisciplinare. Dopo anni di sperimentazioni, nel 2021 è stato depositato il primo brevetto. Sono seguite poi applicazioni in cantieri pilota, analisi e valutazioni dei risultati, ottimizzazioni della miscela e dei macchinari, anche attraverso collaborazioni con istituti di ricerca internazionali e nazionali. Per poi giungere a un nuovo brevetto e all'ottenimento di tutte le certificazioni di riferimento nel 2023. Un caso di innovazione di prodotto e di processo produttivo

Through a course of research and experimentation that lasted about five years, two main products were developed (thermal insulation panels for interior and exterior coats), which are supplemented by other complementary materials and components (components for interior partitions and fire compartments).

The basis of the Totalproof system is the development of a mixture with perlite, cement and aerogel in addition to other patented components, which can be dosed according to the required performance. The mixture is processed by dedicated machinery that allows the creation by compression of panels with different thicknesses and composed of layers of mixture at different densities, which can be modulated according to specific needs (thermal insulation, sound insulation and fire resistance). The mixture is environ-

mentally friendly and sustainable since it is derived from the mixing of only natural materials, as well as recyclable since the elements that compose it can be recovered at the end of the panel's life and reused in the mixture of new components. Since 2018, the company has undertaken a major implementation of the production facilities and refined the production cycle in order to optimize the performance adjustment and ensure a high durability of the panels (guaranteed for 50 years).

The insulation system for the envelope – Total Therm Plus and Total Fire – has the peculiarities of having a thermal conductivity between 0.018 and 0.021 W/mK, of being in fire reaction class A1, of maintaining a water vapor permeability value of 12.79 against a capillary water absorption value of up to 0.2%. The panels, measuring 50 x 50 cm or 60 x 40 cm and varying in

thickness from 4 to 20 cm, have a density between 220 and 275 kg/m³ (thus comparable to other high-density insulation materials). They are also recyclable.

For the partitioning of interior spaces, Totalproof launched in 2023 a new product – called Total Wall – made through a different modulation of the mixture, with the aim of achieving specific characteristics of acoustic insulation, mechanical resistance and fire resistance. These panels, with dimensions of 60 x 40 cm and thicknesses ranging from 10 to 16 cm, allow soundproofing from 40 to 60 dB, compressive strength up to 7.37 N/mm² and Rei 240 fire reaction. They are also breathable, water-repellent and lightweight; their civil plaster finish is also easy to achieve through the complementary materials produced by the company itself. These technical

specifications, combined with the ease of installation, make this product competitive with other widely used systems, such as plasterboard partitions.

In addition to the main products previously described, Totalproof has developed a number of complementary systems for installation and finishing. In particular, a polyurethane foam, a specific glue (Ultraplus Adhesive), as well as nets and dowels for vertical and horizontal bonding of panels for the exterior envelope and for the assembly of panels for interior partitions. Other products supplied by Totalproof are a Decorative Plaster for cladding interior and exterior facades, a light and weatherproof siloxane thick coating, a consolidating filler primer, and a series of breathable water-based paints to be applied after installation is complete. The applications of the system are therefore broad: ventilated facades,

basato sulla possibilità di regolare la produzione e controllare le caratteristiche dei pannelli in relazione alle esigenze specifiche dei diversi casi, che apre la strada a ulteriori sviluppi e applicazioni, anche al di fuori del settore delle costruzioni.

Nel febbraio 2023, la collaborazione tra Totalproof e Politecnico di Milano ha portato alla realizzazione di un allestimento di prodotti Totalproof in occasione della Milano Design Week, iniziativa che ha consentito ad alcuni studenti – Elitsa Predova, Ilaria Raccampo e Sofia Ines Taveggia – sotto la direzione dal Prof. Giovanni Castaldo, di sviluppare un approfondimento conoscitivo e soprattutto di cimentarsi nella produzione di quattro prototipi dimostratori delle caratteristiche più interessanti di questo materiale.

REFERENCES

- Campioli A., “Le pratiche del progetto”, in Bertoldini M. (Ed.), *Saperi e saperi, teoria e pratica nel progetto di architettura*, Libreria CLUP, Milano 2002.
- Del Nord R., Presentazione della edizione italiana, in Creswell H.B. (Ed.), *Storie di ordinaria progettazione*, Esculapio, Bologna 1991.
- Girardi C. (2012), “La produzione industrializzata eco-innovativa per il retrofit edilizio”, *EdA, Esempi d'Architettura*.
- Losasso M. (2006), “Progetto e innovazione”, *CLEAN*.
- Manzini E. and Vezzoli C. (1998), *Lo sviluppo di prodotti sostenibili. I requisiti ambientali dei prodotti industriali*, Maggioli Editore, Santarcangelo di Romagna.
- Sala S. and Castellani V. (2011), *Atlante dell'ecoinnovazione. Metodi, strumenti ed esperienze per l'innovazione, la competitività ambientale d'impresa e lo sviluppo sostenibile*, FrancoAngeli, Milano.

plastered exterior coats, interior coats to be made in minimum thicknesses (a recurring case in cases of rehabilitation works), as already mentioned interior partitions, as well as roofs, balconies and terraces where the waterproofing characteristics of this system are also relevant.

The step from Aldo Kocani's intuition born on the construction site to the elaboration of the idea to the development of the production system was a complex path involving a multidisciplinary operational team. After years of experimentation, the first patent was filed in 2021. This was followed by applications at pilot sites, analysis and evaluation of results, and optimization of the mixture and machineries, including through collaborations with international and national research institutes. This led to a new patent and the obtaining of all reference certifica-

tions in 2023. A case of product and production process innovation based on the possibility of adjusting the production and controlling the characteristics of the panels in relation to the specific needs of different cases, paving the way for further developments and applications, even outside the construction sector.

In February 2023, the collaboration between Totalproof and the Politecnico di Milano led to the realization of a showcase of Totalproof products during the Milan Design Week, an initiative that allowed some students – Elitsa Predova, Ilaria Raccampo and Sofia Ines Taveggia – under the direction of Prof. Giovanni Castaldo, to develop an in-depth cognitive study and, above all, to challenge themselves in the production of four prototypes demonstrating the most interesting characteristics of this material.

